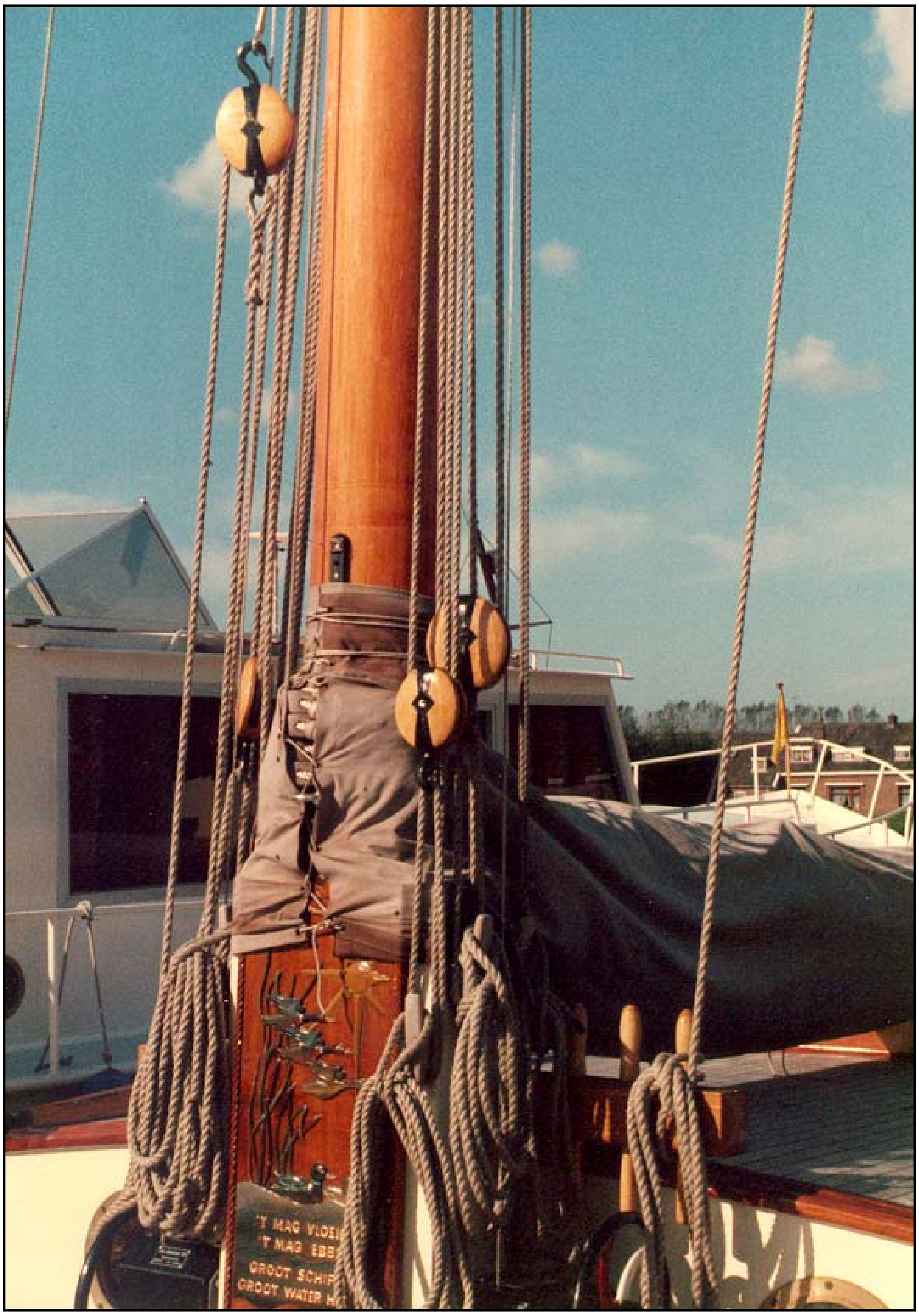


Foto: Henk Bos

INFO 20M

Blokboek deel 4 “Rekenen aan blokken”

Informatieblad grote pleziervaart

INFO 20M
Informatieblad grote pleziervaart

*Het "**Informatieblad grote pleziervaart**" is bedoeld voor eigenaren, schippers en andere betrokkenen van pleziervaartuigen langer dan 20 meter zoals:*
- voormalige binnenvaartschepen
- voormalige zeeschepen
- voormalige vissersschepen
- voormalige marineschepen
- voormalige sleep- en duwboten
- woonschepen
- als pleziervaartuig gebouwde schepen
*Het "**Informatieblad grote pleziervaart**" geeft aan deze doelgroep informatie over de nautische wetgeving en voorlichting omtrent (technische) installaties aan boord.*

ISSN: **1872-7824**

Initiatief: Henk Bos
Coverfoto: Henk Bos
Vormgeving: Janneke Bos
Correctoren: Ge Bos Thoma, Henk Bos, Erik Takes en Janneke Bos
Aan dit nummer werkte mee: Henk Bos (HB), Erik Takes en Janneke Bos (JB)

Productie en uitgever: Henk en Janneke Bos (Expertisebureau Bos) (c) 2006-2014
*Website: **http://www.xs4all.nl/~bosq***
*Hasebroekstraat 7, 1962 SV Heemskerk, Tel: 0251-230 050, e-mail: **bosq@xs4all.nl***

Verspreiding:
***Info 20M** wordt gratis via e-mail door de volgende organisaties verspreid:*
- de Landelijke Vereniging tot Behoud van het Historisch Bedrijfsvaartuig (LVBHB)
- de Stichting tot behoud van Authentieke Stoomvaartuigen en Motorsleepboten (BASM)
- de Koninklijke Nederlandse Motorboot Club (KNMC)
- de Vereniging de Motorsleepboot (VDMS) en de Vereniging de Sleper (VDS)
- de Vlaamse Vereniging voor Watersport (VVW)
- Zeekadetkorps Nederland (ZKK)
- Scouting Nederland (SN)
*Andere organisaties kunnen zich bij de uitgever melden. **Info 20M** is tevens te downloaden via de website.*

***Info 20M** is een voortzetting van de reeks voorlichtingsbladen genaamd **M3-blad** die in het tijdvak 1987 tot 1995 geschreven zijn voor Scouting groepen met een wachtschip (een voormalig binnenschip in gebruik als clubhuis). M3-blad nummer 1 t/m 20 zijn via de index op de website te downloaden (**http://www.xs4all.nl/~bds/m3-index.htm**). M3 blad nummer 21 is niet openbaar ivm auteursrechten.*

Voorwoord info20m nummer 79

Goed geconstrueerde en berekende blokken geven veel gemak en het is een veilig idee om te weten of ze sterk genoeg zijn.
Als je naar het geharrewar van de grootschoten kijkt bij het skûtsjesilen weetje dat er nog een hoop te verbeteren is.
Vooral een soepele doorloop is belangrijk. Met RVS glycodur lagers en in de grafiet gezette wangen kan een verbetering van soms wel 30% opleveren.
We hebben getracht in dit essay (opstel, betoog of proeve) getracht een en ander duidelijk te maken.
Volmaakt zal het niet zijn daarvoor ontbreekt ons de tijd.
Mochten er storende onvolkomenheden geconstateerd worden dan kunnen we dit aanpassen en de versienummer wordt dan met 1 verhoogd.

Zie ook:
http://www.youtube.com/watch?v=vn9y2UJIp3Q
http://www.youtube.com/watch?v=2iAcoIpPPGo

Janneke Bos, Hoofdredacteur

Inhoudsopgave

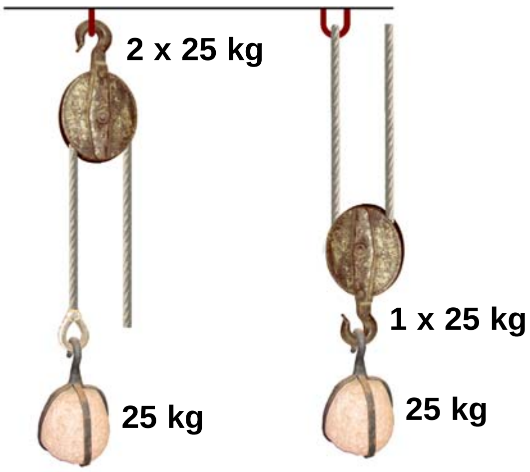
Inleiding
Vooral voor de voormalige zeilende binnenvaartschepen kan geconstateerd worden dat de gevoerde tuigen groter zijn geworden dan vroeger het geval was.
Door de grotere tuigen en de verbeterde kwaliteit van zowel touw als zeildoek worden de blokken veel zwaarder belast dan vroeger. Zeker is dit het geval als ook nog de loper met een lier op spanning wordt gebracht. Over het algemeen worden nog de oude blokken gebruikt die deze krachten niet goed aan kunnen.
In de literatuur is niet zoveel over deze materie te vinden.
Dit verhaal wil er toe bij dragen een beter inzicht te verkrijgen in de sterkte en kwaliteit van blokken.
Als er door mij (de schrijver) een blok gemaakt moet worden dan gebruik ik zelfgemaakte computerprogramma's die de afmetingen en de sterkte van een blok uitrekenen.
Aan de hand van de door de printer uitgespuwde gegevens is het blok dan zonder verder gereken of gepuzzel te maken.

Opmerking
Rond 1956 heb ik in Veendam de ambachtschool bezocht.
Daar werd de nadruk gelegd op de praktische vaardigheid en niet zozeer op wiskunde. Het gevolg is dat ik veel rekenroutines gebruik die uit de praktijk stammen.
Soms heeft een stagiair mij geholpen om sterkte problemen op te lossen waar ik ze nog steeds dankbaar voor ben.
In dit verhaal geef ik enige formules uit mijn ontwerp programma zonder de afleiding ervan daar ik dit vaak gewoon niet weet.

DEFINITIES

Bij het gebruik van blokken worden nogal eens de begrippen werklast, proefbelasting, breukbelasting en veiligheidsfactor gebruikt. Daarom een uitleg.

Belasting van een blok



De belasting van een blok hangt af van zijn stand.
Is het blok vrij opgehangen en wordt er een last gehesen dan is de belasting in de ophanging 2 keer de last.
De reepspanning is gelijk aan de last.
Wordt de last hangend aan het blok gehesen dan is de belasting van de ophanging gelijk aan de last en is de reepspanning de helft van de last.

Werklast



Werklast (WL), maximale last of bedrijfslast (Working Load Limit, WLL) is de maximaal toelaatbare nuttige last die tijdens recht hijswerk gehesen mag worden.
Deze ligt aanmerkelijk lager dan de theoretische treksterkte (Minimum Breaking Load, MBL), afhankelijk van het hijsmateriaal en de werkzaamheden. De gebruiksfactor of vroeger veiligheidsfactor sf bij hijsen met staalkabels ligt bijvoorbeeld op 5, terwijl dit bij hijsbanden op 7 ligt.
In het verleden werd in plaats van WLL gebruikgemaakt van SWL of Safe Working Load.
Tegenwoordig wordt hier nog wel gebruik van gemaakt. Dit moet dan een waarde zijn die is aangepast aan de specifieke situatie, als er bijvoorbeeld niet recht wordt gehesen. De afkortingen kunnen zijn SWL of WL (Safety WorkLoad). SWL moet door gedetaileerde berekeningen en testen worden aangetoond voor certificering.
Heeft u een blok waarop staat SWL 2.5 dan betekend dit dat het blok een veilige werkbelasting mag hebben van 2500 kg. Bij een enkelschijfsblok is dan de toegestane reepkracht 1250 kg. Moet voor certificering door de fabrikant worden aangetoond met behulp van gedetaileerde berekeningen en testen.

Proefbelasting
Dit begrip wordt vooral gebruikt in de Geotechniek.
Wordt ook gebruikt bij hijs en sluitwerk = vaak 2 x SWL.
Onder proefbelasting wordt verstaan de belasting, waarmee het blok moet worden beproefd op een trekbank of door middel van een proefgewicht. De proefbelasting (kracht of gewicht) wordt uitgedrukt in kN (1 kg = 9,8 N). Deze term is algemeen voor sluitings - blokken die onder keur of norm geleverd worden. Proefbelasting is vaak 2 x SWL.

Breukbelasting
Onder de breukbelasting wordt verstaan de belasting waarbij breuk optreedt. Ook de breukbelasting wordt in kN uitgedrukt. De breukbelasting van een staalkabel kan worden aangegeven als de berekende breukbelasting en de minimum breukbelasting.
- De berekende breukbelasting van een staalkabel is gebaseerd op de theoretische breukbelasting van de samenstellende draden. Zij is het product van de kabeldoorsnede en de gemiddelde treksterkten van het materiaal.
- Tengevolge van de schroefvormige ligging der draden en strengen is de werkelijke breukbelasting lager dan de berekende. De grootte van het verschil tussen berekende en werkelijke breukbelasting is afhankelijk van de constructie en de slaglengte.

Veiligheidsfactor of gebruiksfactor
Een ‘veiligheidsfactor’ houdt in dat de maximum toelaatbare belasting van een constructie hoger moet liggen dan de belasting waarvoor ze feitelijk wordt ontworpen. Als er bijvoorbeeld op de sticker in de lift ‘maximaal vijfhonderd kilogram’ staat, dan moet de liftkabel dus een grotere belasting aan kunnen. De veiligheidsfactor bepaalt hoeveel keer groter; zo compenseren we voor allerlei onzekerheden in de materiaaleigenschappen, de constructie en gebruiksomstandigheden.

De verhouding tussen de breukbelasting en de werklast wordt veiligheidsfactor genoemd. Een veiligheidsfactor van 5 wil zeggen dat de werklast maximaal 1/5 deel bedraagt van de breukbelasting.
Dit betekent dat bij een blok met een breukbelasting van 98 kN (10 ton) de werklast maximaal 2 ton mag zijn.
Tegenwoordig wordt voor het begrip veiligheidsfactor ook vaak de term gebruiksfactor gehanteerd.

De veiligheidsfactor wordt voor staaldraad tegenwoordig gebaseerd op de minimum breukbelasting.

Bij de meeste technische handelingen of installaties is een veiligheidsfactor ingebouwd. Deze "ruimte" is nodig om onvoorziene omstandigheden te kunnen opvangen zonder dat er direct ongevallen gebeuren. Deze omstandigheden kunnen bijvoorbeeld zijn:

* overbelasting
* schokken
* verkeerde beweging
* afwijkende temperatuur
* slijtage
* vervorming
* corrosie
* wind





Elk van deze omstandigheden kan er voor zorgen dat de belasting dichter bij het gevaarlijke gebied komt of misschien wel in het gevaarlijke gebied waarbij dan een ongeval kan ontstaan. Ook kunnen twee of meer van deze omstandigheden gezamenlijk optreden waarbij zich de kans op ongevallen vergroot.

Om ons en onze spulletjes tegen een optreden van alle omstandigheden tegelijk te beschermen zou een zeer grote veiligheidsfactor nodig zijn. Dit zou veel geld kosten maar ook erg onpraktisch werken door het grote gewicht van die erg sterke blokken.
Gelukkig blijkt het in de praktijk mee te vallen. Hoewel een ongeval slechts zelden één oorzaak heeft, treden vrijwel nooit meerdere omstandigheden gelijktijdig op en behoeven wij met de veiligheidsfactor dus niet zo ver te gaan.

De praktijk van vele jaren heeft geleerd welke veiligheidsfactor in bepaalde gevallen nodig is, dus wat de verhouding moet zijn tussen de belasting waarbij een ongeval kan ontstaan en de toelaatbare werkbelasting.
Deze veiligheidsfactor geeft nooit absolute zekerheid maar is een bruikbaar gemiddelde tussen het ideale en hetgeen in de praktijk haalbaar en gewenst is.

Omdat het grootste deel van de gevaarlijke omstandigheden bijtijds opgemerkt kan worden, bv. slijtage, vervorming, corrosie ed., kunnen oplettendheid en regelmatige inspectie vaak een ongeval voorkomen. Daarnaast kan het persoonlijk gedrag de gevolgen van een ongeval verminderen:
Wanneer je je niet onder het tuig bevindt heb je minder kans getroffen te worden als er iets (ondanks zijn veiligheidsfactor) het begeeft.

Doordat de diverse soorten blokken uit verschillende materialen zijn vervaardigd een verschillende toepassing hebben, ongelijk slijten en een verschillend gevaar opleveren, hebben zij niet allemaal dezelfde veiligheidsfactor.

Ook nu nog wordt er in Nederland en daarbuiten in diverse commissies gesproken over de veiligheidsfactoren en de overige voorschriften voor het vervaardigen, onderhouden en gebruiken van onderdelen van de tuigage.
Men moet er zich goed rekenschap van geven dat de veiligheidsfactoren niet bedoeld zijn om te gebruiken bij de beoordeling of een situatie aanvaardbaar is of niet.
Het is een reserve die alleen in noodsituaties zijn dienst mag bewijzen.

De kennis van veiligheidsfactoren mag dus nooit leiden tot een soepele houding bij het overschrijden van de werkbelasting.
Geen enkele situatie is geheel ideaal.
Veel fouten en gebreken blijven verborgen en zijn dus niet te voorzien. Daar tegen geeft de veiligheidsfactor bescherming maar dat kan zij alleen doen wanneer zij voor een noodsituatie wordt gebruikt.

Over het algemeen worden de volgende factoren aangehouden:

Voor trekken	factor 3	(schoten e.d.)
Voor hijsen	factor 5	(vallen e.d.)
Voor personen	factor 8 à10	(met een bootsmanstoeltje de mast in)
Voor liften	factor 12	

Catalogi van diverse firma's laten voor tuigblokken een andere factor zien nl: 2. De factor 2 is bedoeld voor toerzeilers. Voor wedstrijd schepen wordt een factor 1,5 gebruikt om zo veel mogelijk op gewicht te sparen.

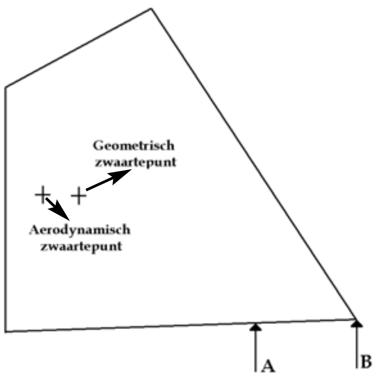
De veiligheidsfactor voor touw is 8. Dat betekent dat als er een last van 1000 kg gehesen moet worden, de minimale breeksterkte van het touw 8000 kg moet zijn. Dit is nodig in verband met de snelle veroudering.



Grootschoottakel

Het goed dimensioneren van een grootschoot is voor velen een probleem. Hoe bepaal je de benodigde sterkte.
Voor gaffel getuigde schepen heb ik geen bruikbare formule. Op het internet zijn er wel formules te vinden voor torentuigen. Op de site van Marlow kun je een paar formules terugvinden waarmee je een indruk kun krijgen van de krachten waar we het over hebben.
http://www.marlowropes.com/technical/formulae-and-quick-reference.html

Schatting van krachten op de grootschoot van een dikke tjalk.
Op basis van standaard aerodynamische formules.
Aanname: - zeil oppervlak grootzeil A = 150 m^2.
- windsnelheid y = 15 m/s
Kracht in het zeil P
P = 1/2 x *p* x V^2 x A x C
p = dichtheid lucht = 1,2 kg/m^3
C = weerstands coëfficiënt zeil
C_{max} = 1 tot 1,2
P = 1/2 x 1,2 x 152 x 150 x 1,2 = 24300 N = circa 2,4 ton.
In de berekeningen verderop gaan we uit van een werkbelasting van 3000 kg.
De kracht grijpt aan op ca. 1/3 van de koorde, dus de horizontale component van de kracht in de schoot is ca. 1/3 P.
Staat de schoot onder 45° met het dek, dan wordt de kracht in de schoottakel F = 1/3 x P x 1,414 = 1,13 ton.
Staat de schoot onder 60°, dan wordt F = 1,6 ton.



De schootkracht hangt onder andere af van het aangrijpingspunt van de schoot A of B. De vertikale hoek is ook belangrijk. Bij een Lemsteraak staat de schoot meer vertikaal dan bij een tjalk.

Het schootblok kan dus nog wel wat meer wind hebben. De klappen bij het overstag gaan blijken minder kracht op het blok te leveren dan de kracht van de volle wind (dit blijkt uit ervaring met een schootveer en een schoot van staaldraad). Wat er bij een klapgijp gebeurt is ongewis.

Welke loper
We moeten nu bepalen hoeveel schijven de takel moet hebben. Daarvoor gebruiken we sterkte van het stel zonder veiligheidsfactor voor een minimale uitvoering.

Voor vier of vijf schijven geldt:
Bij 4 schijven delen we 3000 door 5 wat 60 kg opleverd.
Bij 5 schijven delen we 3000 door 6 wat 50 kg schoot kracht opleverd. Een gemiddelde man kan deze kracht kortstondig leveren.
In de praktijk klopt dit niet daar de verkrijgbare blokken een aanzienlijk wrijvingsverlies hebben. Gelukkig kunnen we er veel aan doen om het verlies te verminderen.

De sterkte van de schoot wordt dan
60 x 8 = 480 kg of 50 x 8 = 400 kg.

Bij deze krachten zijn er meer mensen nodig om de berekende krachten te leveren. In de praktijk wordt er iets opgeloefd, de schoot aangespannen en weer iets afvallen.

Het effect van de wrijvingsweerstand
De krachten van 50 en 60 kg zijn louter theorie. In de praktijk komt er het nodige bij. Dit hangt af van het blok. Is het een oud exemplaar of is er een verkeerde keuze gemaakt tijdens het ontwerpen en de uitkomst kan nog wel eens voor een verrassing zorgen.
Bij een schijfverhoudig van 1: 3 kan de wrijving zomaar 34% zijn. Dan kunnen de waarde's 134 en 160 kg zijn om de schoot te bewegen. Het is dus belangrijk om een goede keuze te maken in de schijfverhouding en het gebruikte lagermateriaal. De te maken keuze's worden in dit verhaal verder uitgelegd.

Touw
Touw verbindt over het algemeen 2 punten met elkaar met de bedoeling een kracht over te brengen. Er zijn nogal wat soorten met de nodige variëteiten afhankelijk van hun toepassing. Zo mag een val niet rekken terwijl het plezierig is als een ankertros dat wel doet.
Rekloze spinnakerschoten dragen het klapperen van de spinaker ongedempt over op blokken en lieren. Een geringe rek is soms wel voordelig om sterke variaties in de touwspanning op te vangen.
Te dunne lijnen breken door vermoeidheid. Te dikke lijnen brengen de krachten ongedempt over op blokken, lieren, klampen en klemmen. Vooral bij toepassen van kevlar is het noodzakelijk dit goed in de gaten te houden.
De invloed van buiging en wisselende belasting op touw is nog niet voldoende onderzocht. Wel zijn de buigstralen bekend die nodig zijn om de sterkte van het touw niet al te nadelig te beïnvloeden. Voor zover de buigstralen niet in de catalogi staan kunnen deze door de fabrikanten opgegeven worden.
Als veiligheidsfactor wordt 4-8 aangehouden om breuk en voortijdig vermoeien te voorkomen.

Hennep en manilla touw wordt door hun geringe sterkte en levensduur bijna niet meer toegepast. Soms wordt het bij bouwwerken nog wel gebruikt terwijl het ook nog wel wordt aangetroffen in de vorm van stroppen.
De berekening van de diameter van manilla touw gebeurt met de volgende formule:

$$T = \frac{p}{4} * D2 * dt$$

waarin T de grootste trekkracht in kg
D de diameter van het touw in cm^2
dt de toelaatbare trekspanning in kg/cm^2

Kunststoffen waar touw van gemaakt wordt:

Grondstof	Polyester	Aramide	Polyethyleen	Polyamide	Polypropyleen
Toepassing	schoten en vallen	schoten en vallen		Landvasten en sleeplijnen	
afkorting	Pes			PA	PP
Handelsnamen	Dacron Diolen Tergal Teryleen	Arenka Kevlar Twaron	Dyneema Spectra (Gleistein)	Enkalon Nylon 6 Nylon 6.6	Zeer veel
Soortelijke massa	1,38	1,41	0,95	1,14	0,91
Verweekt bij (?C)	240	-	100	200	140
Smelttemperatuur	258	500	155	215-255	165
Sterkte (N/mm2)	1150	2700		1000	350
Sterkte na 2 jaar	90%	-	90%	70%	90%
Sterkte met een knoop	50-61%	Ca. 31%	Ca.55%	Ca. 61%	50-63%
Buigstraal	8 x D	15 x D	15 x D		
Breeksterkte 12 mm	3120 daN	6625 daN	5000 daN	2430 daN	1990 daN
Werkbelasting (daN)	523 (17%)	945 (15%)	850 (17%)	405 (17%)	332 (17%)
Rek bij werkbel:					
Droog	2%	1%	1,6%	6%	4%
Nat	2%	1%		11%	4%
Bij breuk	10,5%	6,5%	3,5%	28%	23%

Sterkte van schoten, lijnen en RVS lopend want:

mm	PES Cubsheet	Polyester Schoot	Kevlar	Spectra	Polyester	Gevlochten Polyester	Hempex Polypropyleen	Draad RVS 7 x 19
1								
2								212
3			464			153		478
4	260		545			260		850
5			690	1127		422		1330
6	578	760	1290	1570	560	575	341	1920
8	1060	1070	2390	2630	980	1000	606	3410
10	2010	1640	3530	4090	1640	1540	920	5310
12	3180	2700	6760	5810	1990	2162	1366	7660
14		3190	7620	7956		2850	1770	10100
16	5890	4030	9650	10580		3650	2220	13600
18	7040	5130	12440	13460			2780	
20	8680	6210	15400	21570			3488	
22	10500	7680	18610				4180	
24	12500	8850	21940				4920	

Bij nieuw manilla touw is de breekbelasting ca 1200 - 1350 kg/cm²
Door het in rekening brengen van het volledige cirkeloppervlak en een veiligheidsfactor van 8 kunnen we rekenen met:

dt = 100 kg/cm2 voor nieuw touw
dt = 50 kg/cm2 voor oud touw

Vooral bij gebruikt oud touw is de sterkte moeilijk te bepalen!

In de bovenste tabel kunnen we zien dat de werkbelasting van Polyester schoot ongeveer 17% bedraagt van de breeksterkte.
We komen dan op 160:17 x 100 = 941 kg in het ongunstigste geval met 34% wrijvingsverlies.
In de 2e tabel kunnen we zien dat we theoretisch aan 8 mm dikte genoeg hebben. Deze maat is wel sterk genoeg maar niet praktisch in het gebruik. Een dikte van 14 mm is goed te hanteren.

Voor de verdere berekeningen gaan we uit van een schoot dikte van 14 mm en een werkbelasting van 3000 kg.

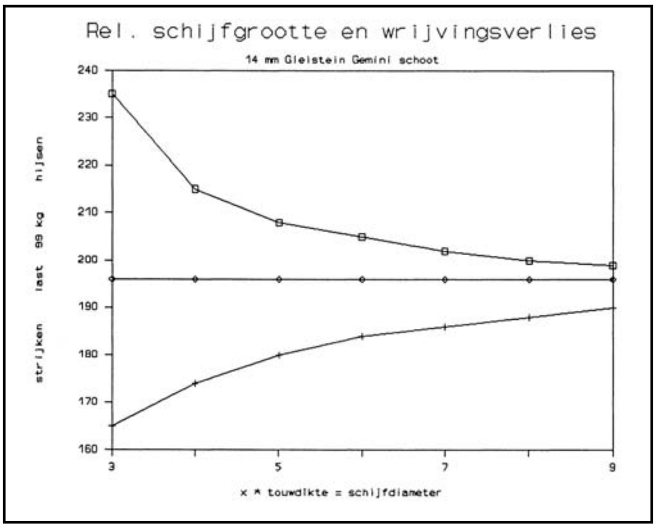


Blokformaat

Dit is een van de grootste problemen van het werken met blokken. Bijna iedereen maakt zich het leven overdreven moeilijk voor zover het blokken betreft. Het is al zeer lang bekend dat kleine blokken zorgen voor veel energieverlies en een korte levensduur van de schoten en vallen.
Uit de door mij uitgevoerde metingen is gebleken dat bij een schijf grootte van 6.5 maal de dikte van de lijn een kwart minder kracht nodig is ten opzichte van een schijf met de afmeting van 5 maal de dikte van de lijn.

In het volgende betoog ga ik er van uit dat we de diameter van de lijn kennen (14 mm) en die als uitgangspunt nemen. In de praktijk komt het omgekeerde ook nog wel eens voor! Terwijl nota bene een blok een kwart tot de helft kost van de kuil lijn die er doorheen moet en het blok ca 50 jaar of langer mee gaat. Als je de levensduur van een val op 2 à 3 jaar stelt heeft het blok in die tijd 10 à 12 kuilen touw 'verwerkt'. Het is dus niet verstandig op de kosten van een blok te besparen (met het oog op het formaat) daar je al die jaren het gemak ervan moet missen!

Stel, voor een val hebben we een lijn nodig met een diameter van 12 mm. We willen weinig rek en komen uit op Cubsheet. De breeksterkte is 3120 kg. Bij Cubsheet van het merk Gleistein is de rek als u het koopt 7% en 2% als het gebruikt is. Bij andere merken goed op de rek letten. Door een andere constructie kan een geheel andere rek ontstaan.
De opgegeven breeksterkte geldt voor nieuw touw en belast op een recht stukje. Is het een tijdje gebruikt dan vermindert de breeksterkte door vermoeidheid.

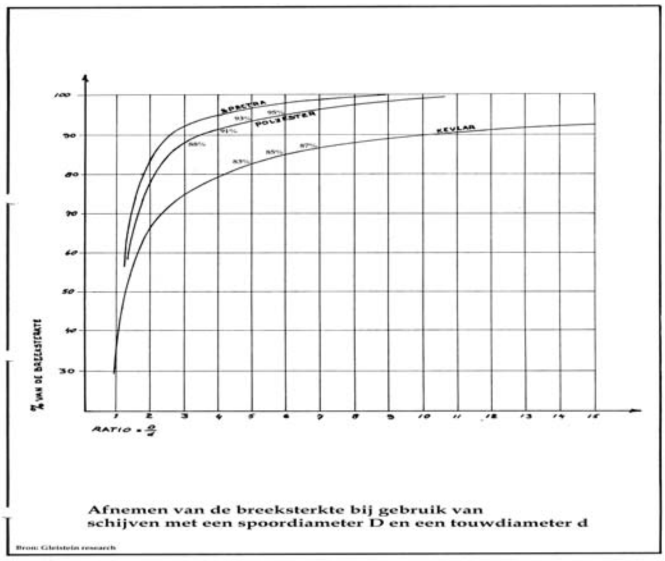


We kunnen zien dat het grootste verlies bij een ratio van 3, 4 en 5 ligt. Daarna gaat de curve vanaf 6 vlakker lopen. Voor onze schoot van 14 mm kunnen we dan schijven gebruiken met een spoordiameter van 14 x 6 = 84 mm.

Spoordiepte
Aan een spoor kunnen we de volgende eisen stellen:
* Zowel voor touw als voor staaldraad geldt dat het spoor de loper over een omtrek van ca. 120 graden moet ondersteunen.
* Voor touw moet de spoordiepte ca 1/3 van de touwdikte zijn terwijl voor staaldraad de spoordiepte 1 à 1,5 maal de draaddikte moet zijn.
* De diameter van het spoor moet 1.05 tot 1.15 maal de loperdiameter zijn.
* Het oppervlak van het spoor moet glad zijn om de loper niet te beschadigen.
* De vorm van het spoor moet cirkelvormig zijn en niet ovaal. (Voor Kevlar is dit een samengestelde elips).

Voor ons voorbeeld geldt:
Spoordiepte 14 : 3 = 4,6 mm
Spoordiameter 1.09 x 14 = 15,26 afgerond 15 of 16 mm
De schijfdiameter wordt dan 84 + (2 x 4,6) = 93,2 mm

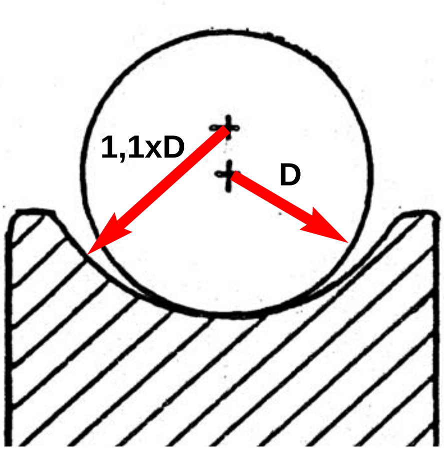
Door de fabrikant Gleistein wordt voor Cubsheet een schijfdiameter aanbevolen van 8 x de touwdikte. In ons voorbeeld wordt dit dan 8 x 14 = 112 mm.
Dit zijn schijfdiameters die we alleen aantreffen bij de duurdere merken blokken. Dit is een maat schijf die ongeveer in een 6 of 7 duims blok past (schijfdiameter 90 en 110 mm).



In bovenstaande grafiek kunnen we zien dat bij een ratio van 6 de breeksterkte verliezen best meevallen.

Spoorvorm touw

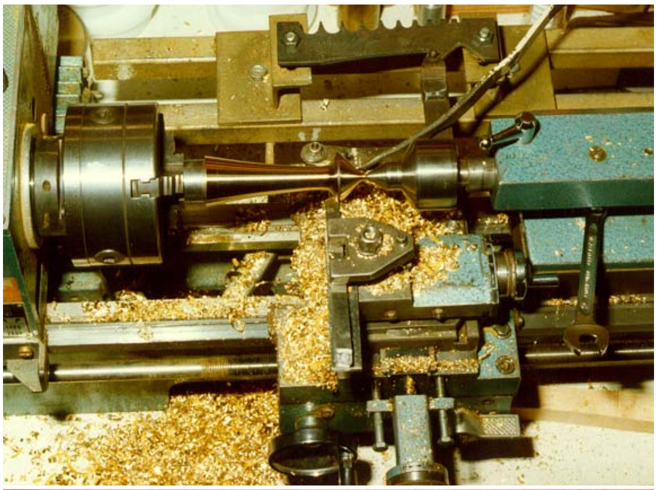




Bij gebruik van gewoon 14 mm polypropyleen is het spoor eenvoudig van vorm.

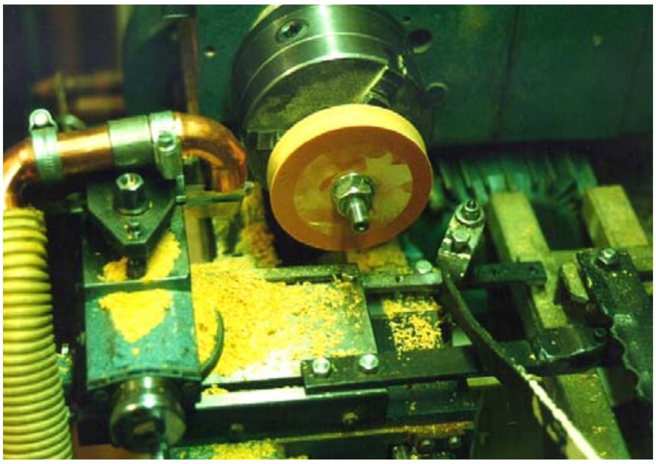


Door de fa. Hoogenwerf staalkabel bv werden er kalibers uitgedeeld op een beurs om de spoorvorm te controleren.



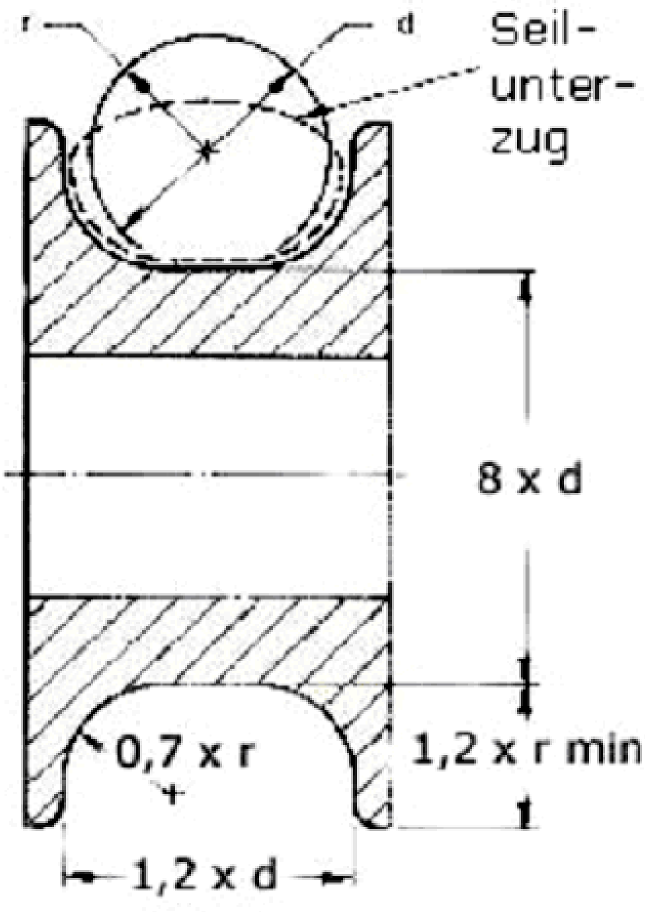


Eigenbouw copieer opstelling.



Dikte touwschijf
De dikte van de schijf is minimaal 1.16 maal de touwdikte. Voor ons voorbeeld wordt dit 1.16 * 14 = 16.24 mm. Deze maat tufnol is niet standaard. Dit ronden we af op 17,5. Deze dikte liet ik speciaal schaven bij Tufnol Ldt in Birmingham. Voor een 6 duims blok is 17.5 mm bij mij gebruikelijk. Door deze dikte te kiezen hebben we meer mogelijkheden om een goed lager toe te passen.

Spoorvorm touwwerk met liniaire kern
Om de sterkte te verhogen en de rek te verminderen worden steeds meer lijnen uitgerust met een liniaire kern met daaromheen een gevlochten mantel. Om de kerndraden even sterk te belasten willen ze graag naast elkaar gaan liggen. Dit vereist een speciale spoorvorm.

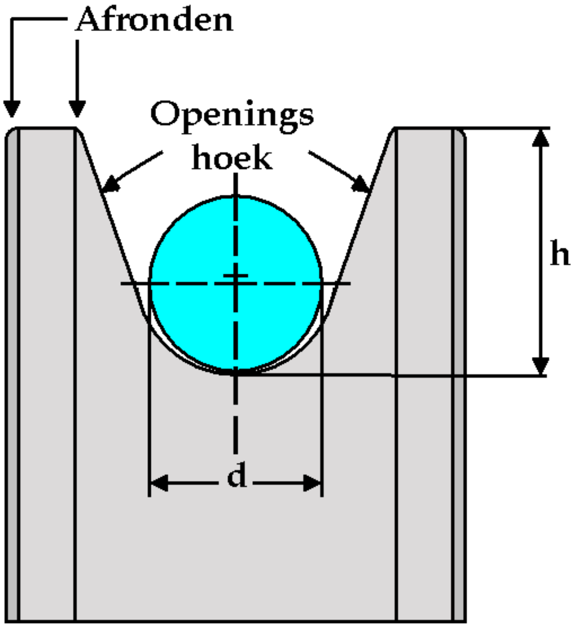




Constructie van een gevlochten schoot

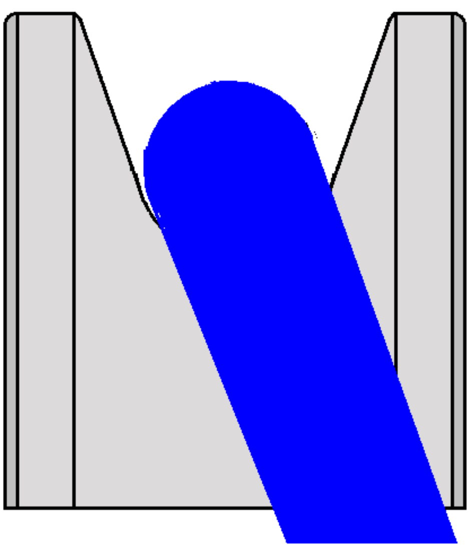
Dikte schijf touwwerk met liniaire kern
Daar de groef 1,2 x d breed is wordt de schijf dikker en wel 1,4 x d =19,6 mm. Deze ronden we af op 20 mm.

Groefvorm staaldraad schijven



Schijfdiameter voor 19 x 19 = 20 x d
De groefstraal is bij voorkeur 1% breder dan de effectieve staalkabel-diameter.
Minimaal 0,53 tot 0,535 x d
Maximaal 0,55 x d
De groefdiepte is bij voorkeur: 1,5 x d tot 2 x d

Groef opening:



Gebruik voor normale toepassingen een opening van 35 of 45°. Voor toepassingen met buighoeken van meer dan 1,5° wordt een opening van 60° gebruikt. Openingshoeken van minder dan 35° moeten worden vermeden.
De dikte van de schijf is te bepalen door deze in tekening te brengen. Het vergt wat handigheid. Het is natuurlijk ook mogelijk standaard schijven aan te schaffen.



2 vormen van een staaldraad groef.



Draadschijf met vetlerenlager uit schildpadblok voor de zwaardloper.



Nieuw gegoten schijf.

SCHIJFMATERIAAL

Overzicht kunststoffen

Zie voor uitvoerige gegevens het boek 'Eriks kunststoffen'.

Kunststof	Afkorting	Populaire naam	max. stat. Vlaktedruk N/mm^2
polyetheen zwart	PE-LD	Stamylan; Carbona	5.5
polyetheen groen	PE-UHM		6
polytetrafluoretheen	PTFE	Teflon	7
polyamide wit	PA-6SA	Nijlon; Akulon; Rilsan	7
polyamide zwart	PA-6XAU	Nijlon	20
polyamide groen	PA-LFX	Nijlon; olie gevuld	20
polyacetaat	POM	Delrin;	20
kristall.polyester	PETP	Dacron; Terlenka; Terrylene	33
fenolformaldehyde	PF	Tufnol; hardweefsel	170

Het materiaal van de schijf is dermate belangrijk dat de keuze goed overwogen moet worden. Veelal moet er een compromis gesloten worden. Zijn de blokken bestemd voor een licht gebouwd schip en een hoge tuigage dan komt brons door het hoge gewicht niet aan de orde. Door het hoge gewicht van de blokken kan de zeewaardigheid nadelig beïnvloed worden. Dit wordt wel eens de vergeten factor genoemd.

Het is dus zaak het schijfmateriaal af te stemmen op het type schip. Een tjalk of een grote Lemsteraak kan meestal bronzen schijven wel hebben. Het is ook mogelijk een van de moderne kunststoffen te nemen en hier een speciaal lager in te zetten zodat de schijf sterk genoeg is voor de belasting.

Door de grote hoeveelheid van voor de hand liggende schijfmaterialen is het moeilijk om een keuze te maken. Om er iets meer inzicht in te verkrijgen zijn een serie identieke testschijven gemaakt van 90 mm diameter, 17 mm dik, 12 mm as en een spoor voor 14 mm touw.

Wrijvingsweerstand

Deze factor kunnen we in drie delen uit elkaar halen nl:

1 De wrijving van de schijf op de as;
Als de schijfgrootte in overeenstemming is met de lijndiameter dan is de wrijving op de as groter dan de wrijving in het spoor. De lagers en hun wrijving wordt apart behandeld.

MATERIAAL	Prijs Per kg f.	SG SM	Prijs per schijf	Smelt punt	Trek-Vast heid	Max. toegest. Vlaktedruk N/mm²	Gewicht gram
pokhout radiaal	35.00	1.23	6.16				
pokhout axiaal dwars	35.00	1.23	6.16				
pokhout axiaal langs	35.00	1.23	6.16				
pokhout + gietijzeren bus	35.00						
tufnol	27.00	1.38	5.33		80	170	110
tufnol mos2		1.38			80	170	113
brons	16.00	8.7	25.31				680
brons met patentlager							
gietijzer		7.35					
staal	1.50	7.8	1.67				
dur aluminium		2.8					215
polytheen de boer				135	28	5	72
polytheen + roet de boer				135	28	5	72
nijlon de boer				220	78	15	86
polyamide (nijlon) I ERTALON 6SA Eriks	23.15	1.14	3.78	220	78	15	86
polyamide (nijlon) Z ERTALON 6XAU Eriks	39.57	1.15	6.51	220	85	20	86
polyamide (nijlon) G ERTALON LFK Eriks	40.50	1.13	6.55	220	75	20	88
polyacetaat ERCETAL-C POM Eriks	27.25	1.42	5.54	165	65	20	108
polyethyleen gr. MULTILENE UHMPE Eriks	31.29	0.95	4.25	135	22	5.5	70
kristall. polyester ERTALYTE PETP Eriks	26.58	1.38	5.25	255	80	33	103
idem met bronzen lager d=35 mm			8.10				225
idem met kogellager d=28 mm			18.15				150
idem met glacierlager d=14 mm							
idem met gesinterd bronzen lager							
Epoxy EP Multileyt-F		1.55			35	110	

2 De wrijving van het touw in het spoor;
De wrijving van een manilla tros op een pokhouten schijf is van een heel andere orde dan de wrijving tussen een multi-braided-touw en een kristallijn polyester (PET) schijf.

3 De wrijving van de schijf tegen de zijkant van het blok; een verwaarloosde factor. Wie haalt nu nog elke winter de blokken uit elkaar en smeert de zijkant in met potlood (grafiet). Meestal krijgt een blok helemaal geen smering. Bij het ontwerp moet er dus al van uit zijn gegaan dat het blok niet gesmeerd hoeft te worden. Conventionele blokken met een gewoon lager knappen meestal erg op van een spuitje olie gemengd met grafiet poeder. Dit is hetzelfde poeder dat gebruikt wordt voor sloten en dergelijke. De olie verdampt en het grafiet gaat in het oppervlak van het hout zitten en zorgt voor een zéér glad oppervlak en dus lage wrijving.
Een ander goed smeermiddel is een spuitbus met teflon. Dit is ook tijdens bedrijf een goede oplossing voor conventionele lagers. Composietlagers alleen smeren met water!

De groefbelasting
Voor de groefbelasting zijn 2 zaken van belang en wel:

* De verhouding diameterschijf : diameter van de draad. Dit heet de schijf ratio.
* De ontwerpfactor van de draad. Dit is een factor die bij de draad hoort en door de fabrikant opgegeven kan worden. Het heeft te maken met de 'gevuldheid' van de kabel. Een kabel 19 x 19 zal een andere contact druk uitoefenen dan een stagdraad 7 x 7.

De waarde voor de groefdruk is gebaseerd op de veronderstelling dat er een bepaald contactgebied is tussen de groef en draden van de kabel. De werkelijke waarden van de druk uitgeoefend op de groefwand is veel hoger dan men meestal denkt daar het een lijn contact is.
De contractbreuk in een stalen groef is veel hoger dan in een kunststof groef. Het kunststof zal nl. enigszins plastisch vervormen en daardoor de druk over een groter oppervlak verdelen. Hierdoor zal de kabel veel beter ondersteund worden en de levensduur zal aanmerkelijk langer zijn.

De vlaktedruk
In het verleden zijn er meerdere onderzoeken geweest naar de optredende vlaktedruk. Een bevredigende oplossing werd evenwel niet gevonden, veelal omdat uitgegaan werd van onjuiste veronderstellingen.

In verschillende landen heeft men dit trachten te ondervangen door langs empirische weg toelaatbare gemiddelde vlaktedrukken vast te leggen.
Deze gemiddelde vlaktedruk wordt als volgt berekend:

$$dv = (2 * F) / (D * d)$$

waarin dv = gemiddelde vlaktedruk in N/mm^2
F = de kabelbelasting in N
D = de schijfdiameter in mm
d = de kabeldiameter in mm

De werkelijke contact druk q0 dat optreedt in het centrum van het kontact vlak is een functie van de elasticiteits moduli E1 en E2 van de twee kontact materialen en kan uitgedrukt worden in de volgende (Herziaanse) formule:

$$q0 = f * [^3(4 * ((E1 * E2) / (E1 + E2))^2]$$

Vullen we voor E1 en E2 de waarde 200 kN/mm^2 in voor een stalen kabel en een stalen schijf dan staat er tussen de dubbele haken een waarde van 1.
Vullen we voor E2 2 kN/mm^2 als waarde in voor een nylon schijf dan ontstaat er tussen haakjes een waarde van 0.087. Dit geeft aan dat de contact druk van een stalen schijf ongeveer 11.5 maal de waarde van een nylon schijf is.

Cubsheet heeft een vrijwel ronde doorsnede. We nemen dus aan dat het kontact vlak volledig is en over de volle 120 ° ondersteund wordt in een passende schijfgroef (r = 0.525 * d nominaal). We kunnen nu voor 180 ° omdraaiing van de trekrichting de volgende formule opstellen:

P = ondersteund omtrek touw * lengte ondersteuning * maximale druk per opp.

$$P = d * 3.14 / 3 * tv / 100 (D - .66 * d) * 3.14 * 180 / 360) / 9.81 * s$$

P = Het draagvermogen van de groef in Kg.
d = De diameter van het touw (12 mm).
D = De diameter van de schijf (90 mm).
tv = Percentage raakvlak is in dit geval 100%
d = toelaatbare gemiddelde vlaktedruk.

Kunststof	Normaal
polyamide (nijlon) wit	2472
polyamide (nijlon) zwart	3297
polyamide (nijlon) groen	2802
polyacetaat POM	3626
polyethyleen groen	824
kristall. polyester PETP	5439
teflon	824
tufnol	28021

LAGERS

Lagers voor blokken kunnen we onderscheiden in:

1 Lagers gevormd door het schijfmateriaal
2 Ingezette vaste lagers
3 Ingezette bewegende lagers

Lagers gevormd door het schijfmateriaal
Er worden tegenwoordig veel blokken aangeboden met kunststof schijven zonder aanvullend lagermateriaal.
Over het algemeen hebben deze schijven een zeer laag draagvermogen. We zullen dit eens verder bekijken.
Een beetje ingewikkeld noemen we dit 'Glijelementen uit technische kunststoffen'.

We kunnen daarvoor de volgende tabel samenstellen:

Kunststof	1	2	3	4	5	6	7	8
polyamide nijlon wit PA	15	80	0.25-0.35	0.12-0.08	330	528	0.030	0.436
polyamide nijlon zwart	20	90	0.25-0.35	0.14-0.09	440	704	0.024	0.364
polyamide nijlon groen	17	90	0.15-0.25	0.25-0.16	374	598	0.022	0.340
polyacetaat POM	22	80	0.2 -0.3	0.14-0.09	484	774	0.008	0.172
polyetheen groen PE	5	50	0.15-0.25	0.08-0.05	110	176	0.006	0.148
kristall.polyester PETP	33	90	0.2 -0.3	0.19-0.13	726	1161	0.005	0.136
teflon PTFE	5	250	0.05-0.15	0.05-0.07	110	176	0.005	0.136
tufnol PF	170				3743	5988		

1 = toelaatbare vlakte druk s in N/mm².
2 = maximum lagertemperatuur graden C van de schijf en niet van het lageroppervlak.
3 = wrijvingscoëfficiënt.
4 = PV richtwaarden (N/mm² x m/sec.) bij drooglooop en v = 0.1 en 1 m/sec. Voor onze voorbeeldschijf is dit een reepsnelheid van 0,6 en 6 meter per seconde.
5 = draagvermogen in kg (= Newton / 9.81). Er is gerekend met 3120 kg als de breeksterkte uit ons voorbeeld nl. 12 mm Cubsheet op een 18 mm dikke schijf.
6 = draagvermogen waar blijvende beschadiging optreed dit 1.6 x kolom 4.
7 = uitzettingscoëfficiënt in zeewater of vochtige omgeving (RV=80%) tot 50 graden Celsius.
8 = speling op de as van onze voorbeeld schijven rond 90 en dik 18.

Voor drooglopende glijelementen moet men rekening houden met het feit dat bij het overschrijden van bepaalde limietsnelheden nauwelijks nog krachten kunnen worden opgevangen. Voor nylon, polyester en polytheen ligt volgens de ervaring de kritische grenssnelheid rond de 2 m/sec.

Voor het draagvermogen is de volgende formule gebruikt:

F = d x L x d / 9.81

F = draagvermogen in Kg
d = diameter van de as in mm (12)
L = dragende lengte in mm (18)
d = maximale vlaktedruk in N / mm²

De toepassing van deze kunststoffen zijn vooral begrensd door de warmte en vervorming. Bij overwegend statische belasting of geringe snelheid (< 1 m/min) is de vervorming doorslaggevend. Afhankelijk van de toelaatbare vervorming (meestal 2 à 3 %) moeten de maximale vlaktedruk en de gemiddelde vlaktedruk kleiner of maximaal gelijk zijn aan de toelaatbare vlaktedruk.

De speling van het lager
De levensduur van een kunststof glijlager hangt in grote mate af van de juiste speling, van de gebruikte kunststof en de bedrijfsomstandigheden. Een te kleine speling leidt tot het vastklemmen van de schijf op de as en zelfs tot het opsmelten van het kunststof contact oppervlak.
Een te grote speling leidt tot een te grote aanvangsslijtage en een onrustige loop.

We kunnen voor de speling de volgende formule gebruiken:

speling = a x d + (0.07 + 0.0005 x d) mm

d = asdiameter in ons voorbeeld 12 mm
a = uitzettingsfactor van het gebruikte kunststof. In de tabel zijn de waarden in water of in een zeer vochtige omgeving (RV > 80% bij 50 (C) vermeld daar deze waarde de meest ongunstigste zijn.

Met behulp van deze formule is de asspeling voor alle in de tabel voorkomende kunststoffen uitgerekend en vermeld in kolom 8. Wat vooral opvalt is de grote speling van de nylonvarianten. Door zwelling tengevolge van vocht wordt de uitzettingscoëfficiënt ongeveer 3 keer groter.

De kolommen 5 en 6 leren ons dat eigenlijk alleen tufnol in staat is om enige belasting te dragen. Alle andere kunststoffen moeten voor een beetje draagvermogen voorzien worden van een ingeperst lager.

Ingeperste vaste lagers
Bovenstaand verhaal laat zien dat kunststof maar een geringe kracht op kan nemen. Hiervoor kunnen we als oplossing het inpersen van een vast lager kiezen terwijl we het voordeel van de lage wrijving tussen kunststof en touw blijven behouden.

Wrijving
Ook de wrijving kunnen we uitsplitsen nl:
a: De wrijving in het touw;
b: De wrijving van het lager.

a: De wringing van de garens of de draden van de loper vergen een bepaalde kracht. Dit is een kracht die meestal verwaarloost wordt daar deze moeilijk te berekenen is.

b: Het draaien van de schijf vergt een bepaalde kracht die afhankelijk is van de wrijvingscoëfficiënten van de gebruikte lagermaterialen.

We kunnen voor drooglopende lagers de volgende tabel voor de wrijving samenstellen:

materiaal	µ (mu)
hardkool of grafiet	0.04...0.15
PTFE versterkt met brons	0.04...0.25
glacier du-staal	0.05...0.25
hoog moleculair polyethyleen	0.06...0.3
diamant-staal	0.08
PTFE gebonden met epoxyhars en gevuld met loodbrons	0.08...0.3
gevulde fenolharslaminaten	0.1 ...0.4
gevulde nijlons en polyacetaten	0.15...0.4
fosforbrons	0.3
brons-nylon	0.3
gietijzer	0.4
hout	0.48
aluminium	0.5 ...1.3

In de praktijk komen de volgende vaste lagers het meeste voor:

1- Een gewoon bronzen lager
2- Een gesinterde bronzen lager
3- Een gecombineerd kunststof / sinterbrons / stalen lager
4- Patentlager
5- Kogel- rol- naaldlagers
6- Composietlagers uit kunststof

Glijlagers
Bij glijlagers is het beter om kantbelasting te voorkomen. Bij voorkeur L / d " 0,4..1,2 soms zelfs > 1,2. Dit komt bij ons goed uit daar bij de schijf uit ons voorbeeld de dikte (18) gedeeld door de asdiameter (12) de waarde 1.5 oplevert.

Berekening algemeen

De vlaktedruk wordt op de inmiddels bekende methode uitgerekend:

$d = F / A \rightarrow F = l * b * d$

waarin:
F = De te verrekenen lagerbelasting in N.
l = de lagerlengte in mm.
b = de lagerbreedte in mm.
d = de gemiddelde vlaktedruk in N/mm^2.

Voor een goede keuze van d en dmax moet men voor een goede levensduur van de lagers met het volgende rekening houden:

* Bij volkomen smering is de slijtage praktisch nihil. Streef naar een geringe vlaktedruk en een grote snelheid, een geringe l/d en een goede smering.
* Bij onvolkomen smering zijn de slijtvastheid en de droogloopeigenschappen van belang. Het lagermateriaal moet voldoende bestand zijn tegen vermoeiing en stoten.

Materiaal voor glijlagers

Zachtbrons, bv: G Cu-Sn8 Pb15
Een legering van koper met 4% of meer tin wordt meestal brons genoemd.
Een aanduiding als G Cu-Sn8Pb15 betekend G = gegoten, Sn8 = 7 - 9% tin, Pb15 = 13 - 17% lood en de rest koper.
In dit geval is het zacht brons het zg. loodbrons.
Loodbrons kan worden gebruikt voor matige belastingen tot een snelheid van 12 m/s. Het heeft goede droogloop-eigenschappen; een zeer geringe wrijvingscoëfficiënt µ en is matig bestand tegen slijtage, stoten en vermoeing.
dmax ~ 60 N/mm2. Geschikt voor roestvrij stalen assen en watersmering. Bij onvoldoende smering zijn de lagers in korte tijd versleten.

Middelhardbrons, bv: G Cu - Sn5 Zn5 Pb5
Dit type brons kan gebruikt worden voor vrij zware belastingen met een snelheid tot 10 m/s. Het is redelijk bestand tegen slijtage; heeft een zeer geringe µ; goede droogloopeigenschappen en is goed bestand tegen vermoeiing en stoten. dmax ~ 80 N/mm2. Dit type brons wordt nogal eens gebruikt voor schroefaslagers daar het bestand is tegen zeewater.

Hardbrons, bv: G Cu - Sn13 Pb2
Geschikt voor zware belastingen met een snelheid tot ~ 8 m/s. Zeer slijtvast en goed bestand tegen stoten en vermoeiing; matige droogloopeigenschappen. dmax ~ 120 N/mm2. Deze bronssoort wordt gebruikt voor loopwielen en schijflagers. De assen bij voorkeur met een geslepen oppervlak.

Een gewoon bronzen schijflager hoort gemaakt te zijn van een goede kwaliteit hard gietbrons. Volgens normblad N 1115 en N 1122. De minimum hardheid moet HB 75 zijn. Om een zolaag mogelijke wrijving te verkrijgen kiezen we voor een geslepen H7 RVS 316 as. Met hardbrons kunnen we dan de wrijvingsverlies beperken tot ca 4 %.
Een gewone stalen as en een bronzen lager geeft een wrijvings verlies van 5 %. Met kogel of rollagers komen we ongeveer op 3 %.

De buitendiameter van de bronzen bus of andere lager kunnen we als volgt uitrekenen:

D = (F x 9,81) / (d x L)

D = Buitendiameter van de bronzen bus bij de toegepaste kunststof.
F = Maximale belasting in Kg.
L = Dragende lengte in mm.
d = maximale vlaktedruk in N/mm²



We kunnen voor drooglopende lagers de volgende tabel voor de wrijving samenstellen:

Kunststof	Diameter	
polyamide (nijlon) wit	113.360 mm	niet geschikt
polyamide (nijlon) zwart	85.020 mm	niet geschikt
polyamide (nijlon) groen	100.024 mm	niet geschikt
polyacetaat POM	77.291 mm	niet geschikt
polyethyleen groen	340.080 mm	niet geschikt
kristall. polyester PETP	51.525 mm	mogelijk
teflon	340.080 mm	niet geschikt
tufnol	10.000 mm	onnodig

Uit deze tabel is te zien dat het voor de meeste kunststoffen niet mogelijk is om er een bus of een lager in te zetten die de schijf net zo sterk maakt als het touw daar de meeste bussen groter zijn dan de diameter van de schijf van 90 mm.

In Tufnol kan een lager gezet worden om de loopeigenschappen te verbeteren. In kristallijn polyester kan een lager aangebracht worden om het draagvermogen van de schijf in overeenstemming te brengen met de maximale belasting en evt. de loopeigenschappen te verbeteren. Bij dit materiaal hebben we dan een lagere wrijving van het touw in het spoor tov. tufnol.

Gesinterde zelfsmerende lagers



Gesinterde zelfsmerende lagers zijn relatief goedkoop en vrij universeel toe te passen. De lagers zijn praktisch onderhoudsvrij en eenvoudig te monteren. De grote verscheidenheid in maatvoering maakt het vrijwel altijd mogelijk een passend standaardlager te vinden in de range tussen 3 mm Ø inwendig en 125 mm Ø inwendig. Het lager bestaat uit aan elkaar gebakken kleine bolletjes brons. 25% van het volume van het gesinterde materiaal bestaat uit ruimte tussen de bolletjes. Deze ruimte zorgt ervoor dat het materiaal poreus is en deze wordt gevuld met olie. Op de plaats waar bij stilstand de as rust is een oliefilm aanwezig. Wanneer de as gaat draaien in het lager ontstaat er een zuigende werking die ervoor zorgt dat er meer olie wordt aangevoerd. Hierdoor ontstaat er bij een voldoend hoog toerental een volledige hydrodynamische smering. Bij stilstaan van de as trekt de olie weer in de poreuze ruimten van het lager.

Er zijn twee soorten van nl: een koper-tin legering en een koper-ijzer-lood legering. De laatste kan wat minder olie bevatten (15 - 20%). De koper-tin legering kan maximaal een vlaktedruk hebben van 20 N/mm² bij een maximale assnelheid van 6 m/s. De uitzettingscoëfficiënt is 19 * 10-6 mm/°C bij een soortelijke massa van 6.3 gram per cm3.
De koper-ijzer-lood legering heeft een maximale vlaktedruk van 45 N/mm2 bij een maximale assnelheid van 4 m/s. De uitzettingscoëfficiënt is 12 * 10-6 mm/°C en heeft een soortelijke massa van 5.8 gram per cm3.
Bij het inpersen van de lagers kan de asmaat van het lager iets kleiner worden zodat deze nageruimd moet worden.
Een nadeel is dat in onze toepassing als schijflager de kans bestaat dat de olie door de regen of buiswater uitgespoeld wordt. Bij drooglopen zal er op het moment dat het lager geen water bevat, nagesmeerd moeten worden.
Er bestaan speciale uitvoeringen van zelfsmerende lagers die of bestand zijn tegen water of een zeer hoge statische belasting (150 N/mm²) kunnen verdragen.

Voordelen:
- stoot en trillingdempend
- lopen vrijwel geruisloos
- weinig gevoelig voor stof en vuil
- voor lage toerentallen zijn glijlagers vaak goedkoper dan kogel- rol- of naald- lagers, mits er geen speciale smeerinrichingen nodig zijn.

Nadelen
- grote aanloopwrijving
- lange inlooptijd (ca 200 uur)
- door slijtage is de ligging van de as vaak niet constant.

Glacier of glycodur (SKF) lagers



Deze glijlagers zijn ontworpen om daar toegepast te worden, waar men niet kan smeren of waar onvolledige smering voorkomt.
Er bestaan twee verschillende glijmaterialen nl. type F en type A.

Glycodur F bestaat uit een verkoperde stalen drager met daarop gesinterd een laag zink-brons. In deze poreuze laag wordt het eigenlijke glijmateriaal PTFE (Polytetrafluorethyleen = Teflon) met MoS2 (Molybdeendisulfide) gewalst.
Een toplaag van enkele microns wordt tijdens het inlopen op het asmateriaal overgedragen en geeft in combinatie met het sinterbrons optimale loop- en smeer-eigenschappen.

Glycodur A heeft dezelfde basis, nl. een stalen drager met een zink-bronzen sinterlaag. De opgewalste kunststoflaag is echter Acetaalhars (POM, 0.3 mm dik), voorzien van smeernoppen. Door de dikkere glijlaag kunnen binnen redelijke grenzen onnauwkeurigheden in de uitlijning van de as opgenomen worden.

Berekening
De belasting die verrekend moet worden vinden we door de werkbelasting te vermenigvuldigen met de veiligheidsfactor of gebruiksfactor. Bij schijflagers voor blokken gebruik ik hiervoor de breeksterkte van het touw.

De vlaktedruk wordt op de inmiddels bekende methode uitgerekend:

d = F / A --> F = l * b * d

waarin:
F = De te verrekenen lagerbelasting in N
l = de lagerlengte in mm
b = de lagerbreedte in mm
d = de gemiddelde vlaktedruk in N/mm2

De waarde's van d zijn voor Glycodur (SKF) lagers:

Toelaatbare statische belasting 250 N/mm².

Toelaatbare dynamische belasting 20-50 N/mm².

Levensduur bij nagenoeg stilstaande belasting:

d0 * v = (225 * 1010 [N/m]*k1) / (Lh * Kw)

Levensduur bij roterende en schommelende busbelasting waarbij de gemiddelde snelheid (in meter per uur) bepaald is:

d0 * v = (450 * 1010 [N/m] * k1) / (Lh * Kw)

K1 = 1 voor d=20 mm en 0.85 voor d=40 mm
Lh = de totale levensduur waarbij een inloopperiode van 200 uur is inbegrepen.
Kw = De warmte afvoer. Kw~0.5 bij een zeer goede afvoer. Kw~1 bij normale temperatuur en luchtcirculatie. Kw~2 bij een slechte warmte overdracht.

Rekenvoorbeeld voor onze schijf:

d0 = F/A = (3250*9.81)/(18*12) = 147 N/mm² dit is < 250 N/mm²

v = pi * d * n = 3.14 * 12 * 4 / 1000 = 0.15 m/s = 543 m/h

d0 * v = (225 * 1010 N/m * k1) / (Lh * Kw) = 106 N/m² * 543 m/h

~ (225 * 104 N/m * k1) / (543*147) = 4143,6 uur

Opmerkingen:
1 Een eventuele smering heeft alleen invloed op de levensduur als deze continu plaatsvindt. Het smeermiddel kan praktisch elke vloeistof zijn, bv. olie of water.
2 Bovenstaande berekening geldt voor assen van zacht, hard of gehard staal of ander materiaal met een oppervlakte ruwheid van 0.4 µm, bij voorkeur gehard of geslepen.
3. De lagers zijn ook in een RVS uitvoering verkrijgbaar.

Patentlager



Patent lagers zijn allang bekend. Het lager wordt in principe gevormd door 6 rollen van brons die in een uitgespaarde ruimte in de schijf, om de as lopen.
Meestal is de schijf van brons. Deze lagers zijn te herkennen aan het specifieke ratelende geluid wat ze voortbrengen.

Voor 6 rollen kan de diameter (d2) van de rollen als volgt bepaald worden:

(6 * d2) + (6 * s) = 2 * 3.14 * (.5*d1 + (.5 * d2))

6d2 = 3.14d1 + 3.14d2 - 6s

6d2 - 3.14d2 = 3.14d1 - 6s

2.86d2 = 3.14d1 - 6s

d2 = (3.14d1 - 6s) / 2.86

waarin:

d1 = diameter van de as
d2 = diameter van de rol
s = speling tussen de rollen

Bij een speling van 0.1 mm en een as van 12 mm worden de rollen voor onze voorbeeld schijf:

d2=(3.14*12-6*0.1)/2.86 = 12.96 mm

de kamer moet dan een diameter hebben van: 12+2*d2 = 37.92 mm ~ 38 mm

Kogel-, rol- en naald- lagers
Zie voor uitvoerige gegevens de 'SKF Hoofdcatalogus' en 'FAG Standardprogram'
Bij het bepalen van het lager gaan we er van uit dat het lager langzaam draait en meestal stil staat.
Daartoe gaan we in onze berekening uit van het statische draaggetal.
Het statische draaggetal C_0 geeft de maximum belasting aan, waaraan een stilstaand of vrijwel stilstaand lager mag worden onderworpen wil het zijn goede loopeigenschappen blijven behouden.



De blijvende vormverandering is hierbij beslissend. (De breekbelasting is " 6C_0 waarbij C_0 geldt voor t < 120 ºC.)

Te verrekenen statische belasting F_0
F_0 is de maximaal te verrekenen belasting. De schijven worden nagenoeg alleen radiaal belast zodat de axiale kracht verwaarloost kan worden.
De belasting die verrekend moet worden vinden we door de werkbelasting te vermenigvuldigen met de veiligheidsfactor of gebruiksfactor. Bij schijflagers voor blokken gebruik ik hiervoor de breeksterkte van het touw. Het touw heeft een veiligheidsfactor van 4-8 zodat het blok ook een veiligheidsfactor heeft van 4-8.

Het bepalen van de lagergrootte
Voor deze lagers is het statisch draaggetal C_0 doorslaggevend. Door het rustige lopen kan C_0 gelijk zijn aan F_0. Voor ton-taatslagers dient C_0 groter of gelijk te zijn aan $2F_0$.

Voorbeelden:
Voor 12 mm Cubsheet is de breeksterkte 3120 kg of wel 3120 * 9.81 = 30607 N. De schijfbreedte is 18 mm en het huis is 20 mm breed.

In de catalogi kunnen we de volgende lagers vinden met een C0 > 30000 N.:

	d	D	b	C_0	NUMMER	F. 1990 incl.
groefkogellager	95	145	16	31500	16019	115.83 te groot
groefkogellager	100	150	16	32500	16020	125.70 te groot
groefkogellager	105	160	18	38000	16021	146.22 te groot
groefkogellager 2 rijig	50	90	23	32000	4210 A	93.81 te breed
hoekcontaktkogellager	60	110	22	35000	7212 B	93.81 te groot
cilinderlager	30	72	19	30000	NU306EC	72.41 past
tonlager 2 rijig	30	62	20	30000	22206CC	113.70 past
naaldbus FAG	25	32	20	34000	HK2520	9.66 past
naaldlager FAG	30	40	20	36000	NK30/20A	29.46 past
naaldlager met ring FAG	25	38	20	34000	NKJ25/20A	past
naaldlager afgedicht FAG	45	55	20	41500	NA4907A.2RS	65.23 past

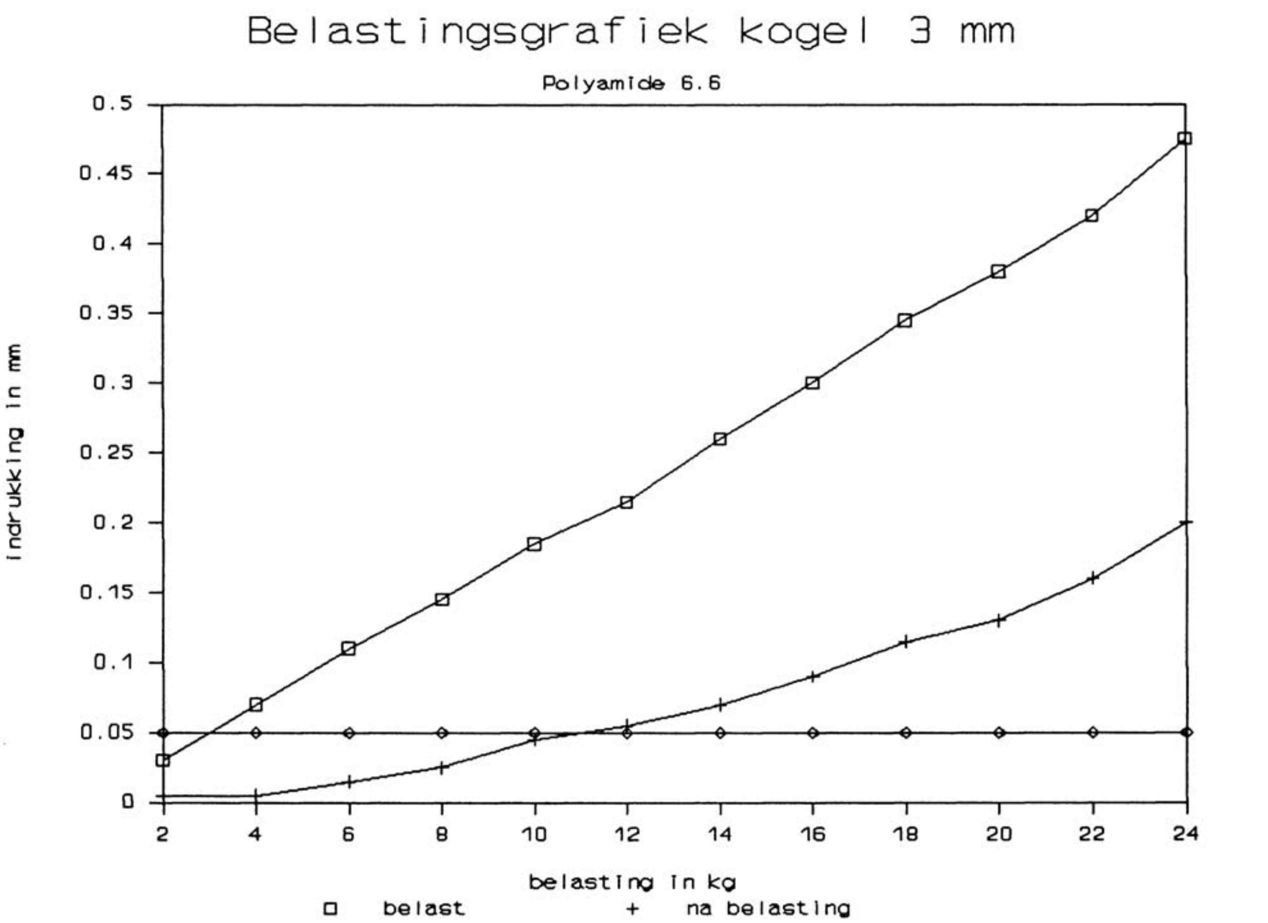
Voordelen kogellagers:
- kleine aanloopweerstand
- geringe wrijving
- zeer geringe slijtage
- lange smeerinterval

Nadelen:
- gevoelig voor stoten
- gevoelig voor vuil en stof
- vereist een nauwkeurige passing
- montage vergt deskundigheid
- gevoelig voor corrosie (zeewater)

Composietlagers
Bijna elke blokkenbouwer heeft een eigen manier om het probleem van soepel lopende schijflagers te benaderen. Over het algemeen komt het er op neer dat de schijf gedragen wordt door Delrin of bronzen naalden en de zijkanten gesteund worden door Delrin kogels. In de tabel kunnen we zien waar Delrin zich bevindt tov. de andere kunststoffen.
Over deze lagers is in de literatuur niets te vinden. Zelfs de leveranciers kunnen geen antwoord geven. Daarom zijn er enige praktijkproeven genomen om een indruk te krijgen over de sterkte van deze lagers.

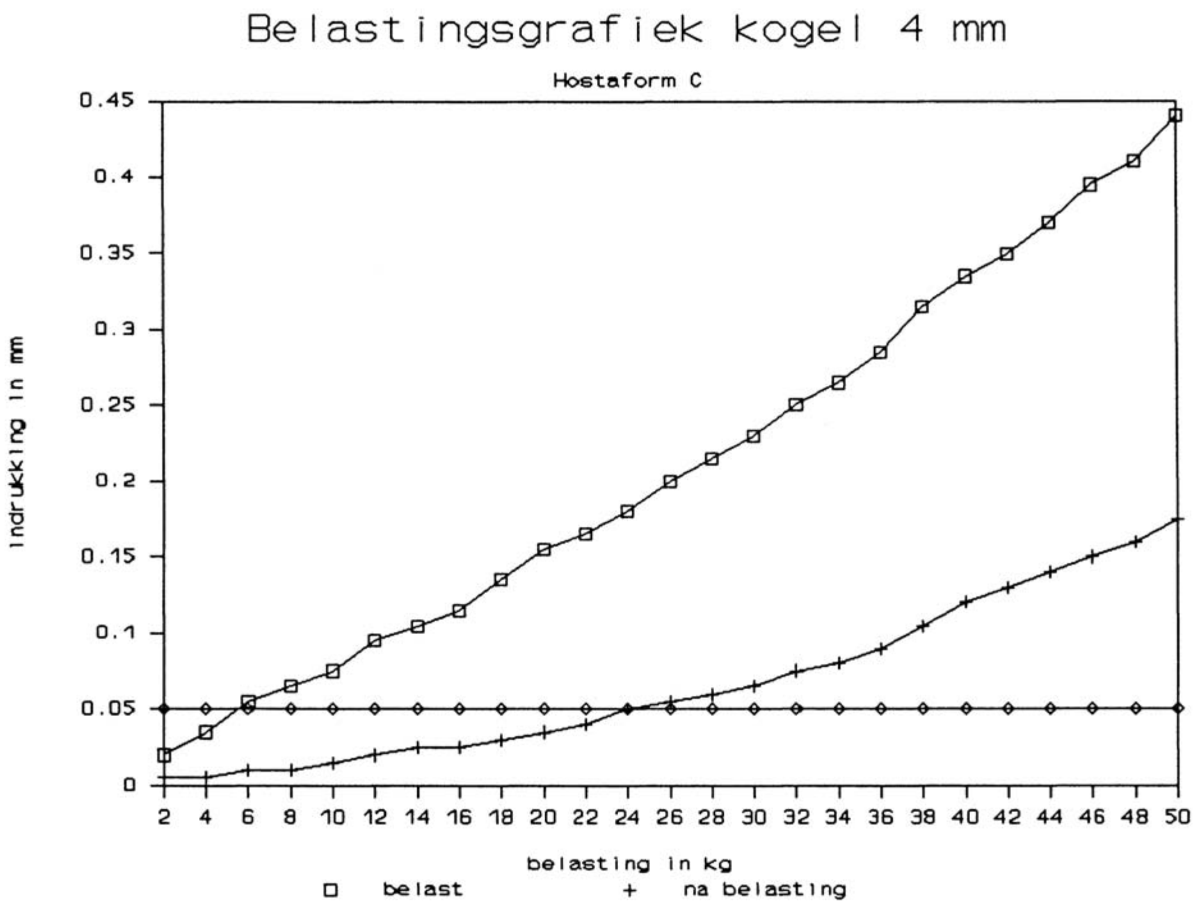
Kunststof	Afkorting	Populaire naam	max. stat. Vlaktedruk N/mm^2
polyetheen zwart	PE-LD	Stamylan; Carbona	5.5
polyetheen groen	PE-UHM		6
polytetrafluoretheen	PTFE	Teflon	7
polyamide wit	PA-6SA	Nijlon; Akulon; Rilsan	7
polyamide zwart	PA-6XAU	Nijlon	20
polyamide groen	PA-LFX	Nijlon; olie gevuld	20
polyacetaat	POM	Delrin;	20
kristall.polyester	PETP	Dacron; Terlenka; Terrylene	33
fenolformaldehyde	PF	Tufnol; hardweefsel	170

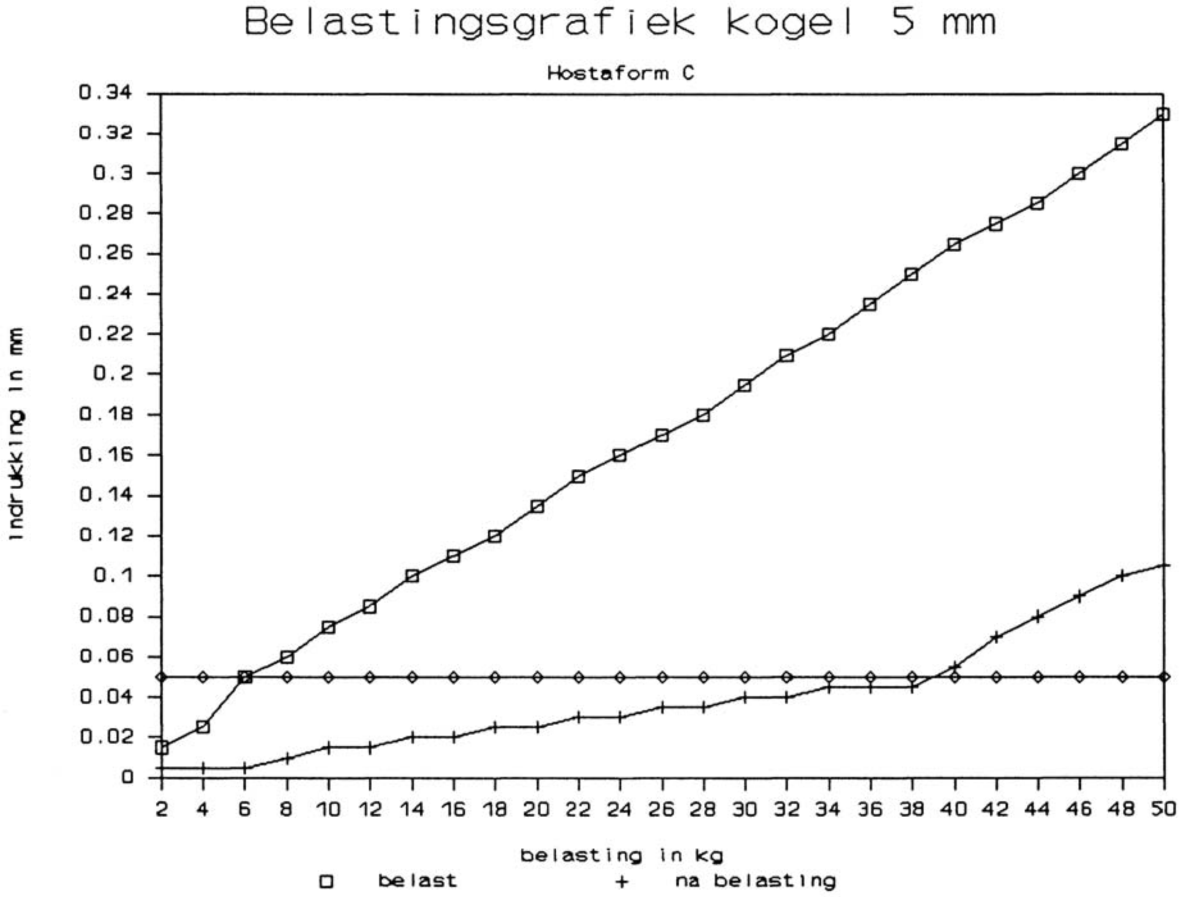
De kogels





Testapparaat om de blijvende vervorming van kunststof kogels te bepalen





In een speciaal meetapparaat zijn de kogels getest op draagvermogen en blijvende vervorming. Hierbij werd een kogel tussen twee balkjes gelegd en belast met een paar gram om te zorgen dat het meetbalkje contact houdt met de kogel. Met een meetklok werd de dikteverandering van de kogel continu gemeten. De kogel werd afwisselend belast en niet belast met een rustpauze van 5 seconden. De belasting liep van 2 kg tot 50 kg met een interval van 2 kg. Na elke rustpauze werd de stand van de meetklok afgelezen. Het resultaat ziet u in de grafiek waar de meetresultaten zijn uitgezet voor 1 zijde van de kogel.

Na 24 uur herstellen de kogels zich enigszins. De 4 mm kogel komt ca. 0.03 mm terug en de kogels van 5 mm herstelden zich ca. 0.035 mm. Stellen we de maximale blijvende vormverandering aan 1 kant van de kogel tijdens de belasting op 0.05 mm dan is na 24 uur de blijvende onrondheid ca. 2 maal 0.02 mm wat acceptabel is. We kunnen we nu het draagvermogen van de kogel uit de grafiek lezen. Voor 4 mm Hostaform (Delrin) kogels is dit 24 kg en voor 5 mm Hostaform kogels is dit 40 kg.

Kogels worden bij veel fabrikaten gebruikt om de zijdelingse wrijving te verminderen. Uit de gemeten resultaten volgt dat de zijdelingse speling tussen schijf en steunplaat met het oog op de blijvende vormverandering, maximaal 0.05 mm is. Bij een hogere belasting dan 40 kg per 5 mm kogel wordt de steunfunctie van de kogels overgenomen door de steunplaat. Er zal dan een geringe blijvende schade ontstaan. Helaas is niet elk handelsblok zo geconstrueerd.

Door het geringe draagvermogen van de kogels zijn deze ongeschikt voor het opnemen van de radiale belasting van een schijf. Axiale belasting kan wel opgenomen worden mits de constructie goed is. Voor kleine schepen worden kogels wel gebruikt voor radiale belasting. De kogels zijn dan opgenomen in een kooi. Bij te grote belasting neemt de kooi dan de dragende functie over.

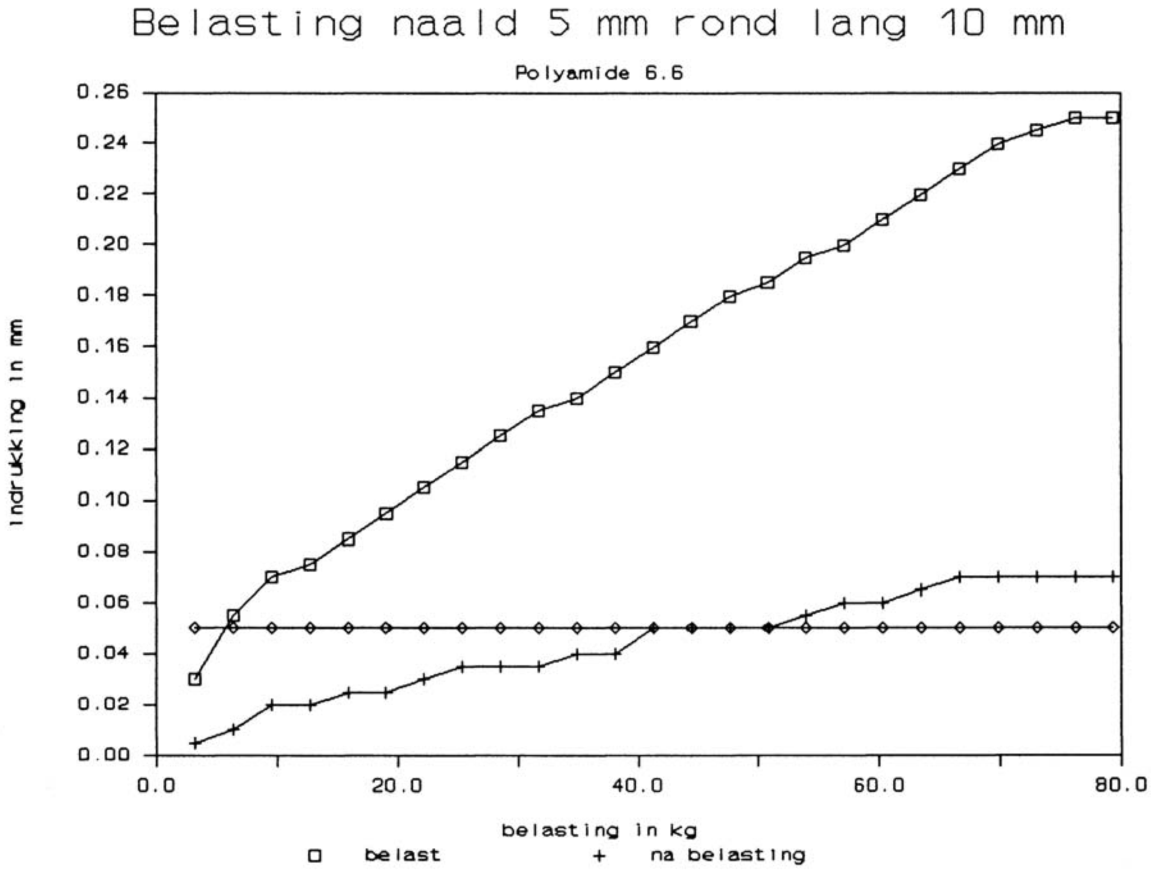
Kunststof naalden

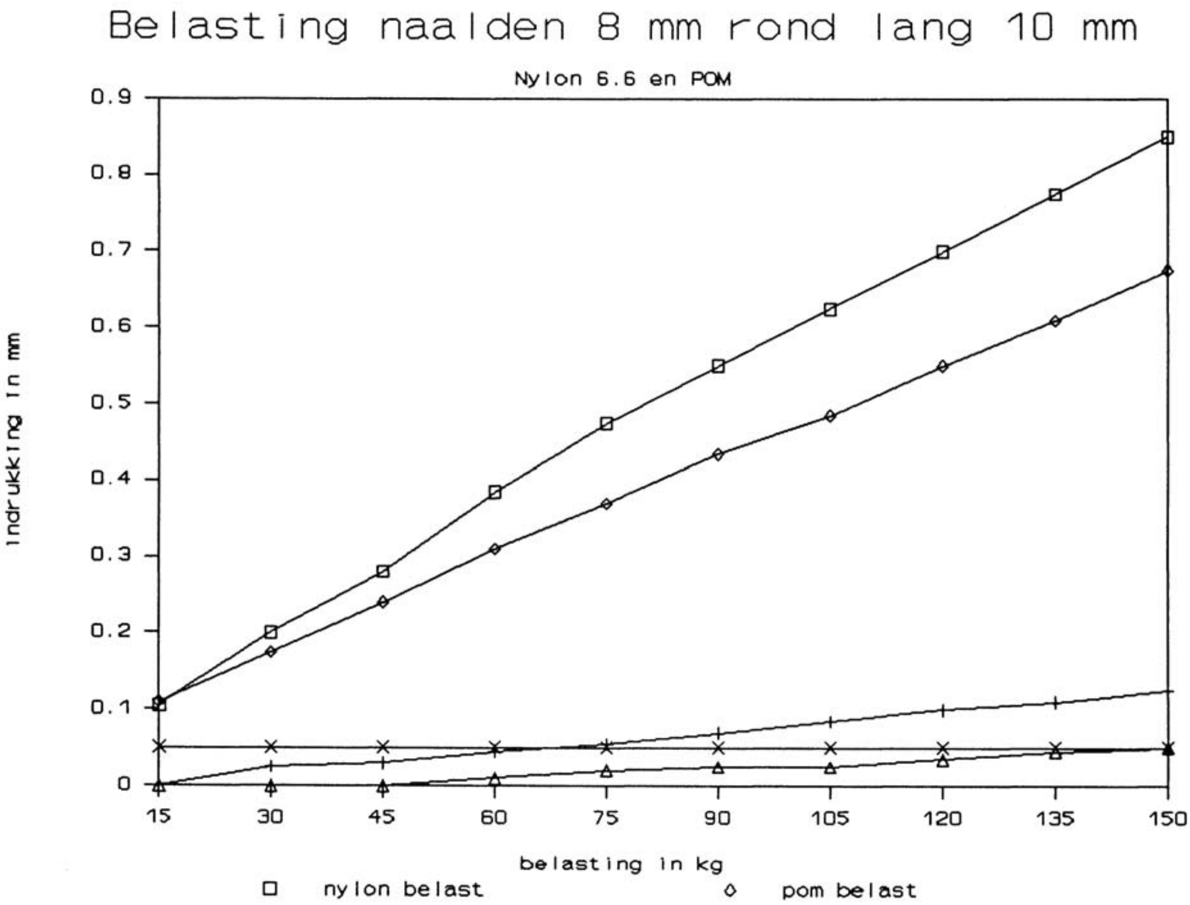
Door de grotere lengte van het contactvlak van naalden wordt een aanmerkelijk groter draagvermogen per naald gerealiseerd.
Opvallend is het grotere draagvermogen van POM (Delrin). Uit de tabel kunnen we aflezen dat voor
8 mm naalden het draagvermogen bij een maximale vormverandering van 0.05 mm voor nylon ca. 67 kg per cm lengte is en voor POM: 150 kg per cm lengte.
Als de naalden ook nog zijn opgenomen in een kooi met eigen draagvermogen kunnen nog aardige draaggetallen gerealiseerd worden.

Smering kan een desastreus effect hebben op een kunststof lager. Door de smering zwellen de kunststofdelen en blijft vuil hangen zodat de lagers een kort leven beschoren zijn.

Berekening draagvermogen van een rollager

Bij de berekening wordt er van uitgegaan dat het dragende vermogen van de rol naar het hart van de as gericht blijft. De vertikale component neemt af met de hoek van de rol tov. de hartlijn.


Belasting naald 5 mm rond lang 10 mm
Polyamide 6.6
0.26
0.24
0.22
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
Indrukking in mm
0.0
20.0
40.0
60.0
80.0
belasting in kg
belast
na belasting


Belasting naalden 8 mm rond lang 10 mm
Nylon 6.6 en POM
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
Indrukking in mm
15
30
45
60
75
90
105
120
135
150
belasting in kg
nylon belast
pom belast

De perspassing

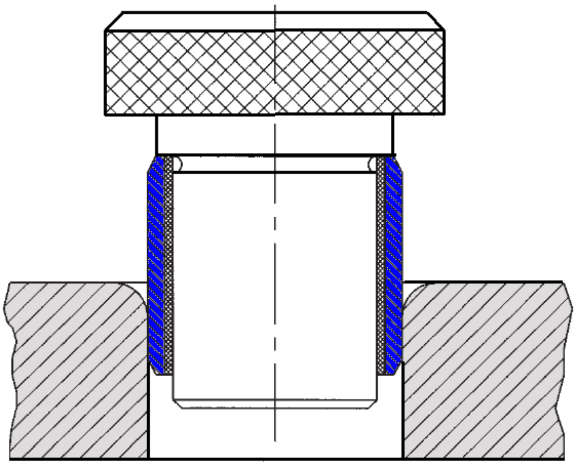
De uitzettings coëfficiënt van kunststofschijven is veel groter dan die van metaal. De perspassing moet voldoende zijn om de lagers tot een temperatuur van 80 ºC vast te houden.
Een voldoende pers-tolerantie kan berekend worden met de volgende formule:

d = .045 x D^.5

d = de tolerantie in mm
D = de Buitendiameter van het lager in mm.

De factor 0.045 bestaat uit de uitzettings coëfficiënt en een constante en geldt voor nylon.
De zelfde tolerantie kan gebruikt worden voor bronzen lagers. Als er dunwandige lagerbussen worden gebruikt dan kan de factor 0.045 lager gekozen worden.

Het monteren van glycodur lagers



Schoon werken is bij de montage van glijlagers is uiterst belangrijk. Voortijdige uitval en niet correct functioneren wordt hiermee voorkomen. De stootvoeg sluit bij correcte passingen geheel. Belangrijk is een juiste passing. Het asgat in de schijven ruim ik op met een machine ruimer. Met een montagedoorn zijn de glijlagerbussen daarna eenvoudig te monteren.



Montage doorn 10 mm



Collectie montage doorns



Collectie lagers



Machine ruimers

STERKTE BEREKENINGEN OPHANGING

Takels of talies worden gevormd door 1 of meerdere blokken met daarin geschoren een touw, staaldraad of ketting (loper). Het hangt van de plaats en van de toepassing van de talie af hoe sterk de ophanging van het blok moet zijn.

Bij alle talies en takels aan boord hebben we het zelfde probleem, nl. dat ze aangedreven worden door onze menselijke spieren. Dit even afgezien van de momenteel in gebruik zijnde elektrische en hydraulische lieren.
Bij een kleine boot van zo'n 6 meter kan de fok gemakkelijk worden ingesteld. Voor de fok van een 21 meter toerjacht hebben we daarvoor ongeveer 2250 kg nodig terwijl de aandrijving hetzelfde is nl. de mens!
Om deze krachten te kunnen realiseren worden hele 'crews' ingezet. De krachten die een geoefend persoon kan uitoefen zijn als volgt:

1 Recht naar beneden kan een kracht uitgeoefend worden die ongeveer gelijk is aan zijn lichaamsgewicht.
2 Horizontaal op een stroeve ondergrond kan met 2 handen een kracht uitgeoefend worden van 34 kg en met 1 hand 23 kg.
3 De trekkracht op een onderhandse talie is over het algemeen ca. 11 tot 16 kg.

Kortom daar de mens als energie leverancier niet zo veel voorstelt en de door de zeilen uitgeoefende krachten zeer groot kunnen zijn zullen we ons moeten behelpen met takels en lieren met een hoog rendement en van voldoende sterkte.

De veilige werkbelasting van een blok is de maximum belasting waaronder een blok continu mag werken.
Het is belangrijk voor elk blok, vooral als het in een takel is opgenomen, opnieuw te bekijken wat de belasting van het blok is.

Voor stalen beslagdelen (ST 37 en RVS 316) is de treksterkte (of buigsterkte) van een proefstaaf geen geschikte maatstaf om de toelaatbare belasting te bepalen. Meestal hebben we te maken met combinaties van trek en buiging. Reeds bij veel lagere belasting begint de combinatie te vervormen en wordt daardoor onbruikbaar. De vormverandering kan leiden tot een ongunstiger belasting, waardoor het bezwijken eerder optreedt (bv het open buigen van de haak van een bakstagblok). Daarom wordt bij de berekening uitgegaan van een belasting die maximale materiaal spanningen oplevert die circa 75% van de vloeigrens van het materiaal bedragen. Er is dan geen plastische vervorming. In het geval van een stotende belasting wordt een grotere veiligheidsmarge aangehouden. Deze aanpak levert in principe de veilige werkbelasting van het blok op. Voor ST 37 en RVS 316 is de vloeigrens circa 200 N/mm². De toelaatbare wordt dan vaak 150 N/mm² (trek en buiging). Wil je het blok bij een klapgijp nog heel houden, dan moet je meer over dimensioneren.

Blokken met 1 schijf
Dit zijn blokken met 1 schijf, waarover een touw, staaldraad of ketting kan lopen, voorzien van een bevestiging. Deze bevestiging kan vele vormen hebben zoals: haak, oog, beugel, gaffel, stift, bled en dergelijke. Deze ophanging kan zowel vast als wartelend zijn aangebracht.

Als vrijlopend blok
De stand van het blok is bepalend voor de belasting.
Is het vaste part van de loper aan een vast punt bevestigd dan kan door het aanhalen van de loper maximaal het gewicht van de last op het ophangpunt van het blok worden overgebracht. Stel de maximale belasting van een 14 mm Cubsheet op 3120 daN. (daN = decaN = 10 N =~ 1 kg)
* De spanning in het touw (reepkrachtmax) is dan
  3120 daN / veiligheidsfactor * ratiofactor
  dit is 3120 / 2 = 1560 daN
* Blokbelasting is gelijk aan de last.
* De reepkracht is hier de helft van de last.
* Werkbelasting maximaal gelijk aan de reepkracht.
* Ophanging heeft hier een sterkte nodig die ongeveer gelijk is aan de breeksterkte van het touw (= 3120 daN).

Als opgehangen blok
Is het blok opgehangen dan wordt op de ophanging een kracht uitgeoefend die ongeveer gelijk is aan 2 keer de last.
* Spanning in het touw (reepkrachtmax) is
  3120 daN / veiligheidsfactor * ratiofactor
  dit is 3120 / 2 = 1560 daN
* De lastmax is hier gelijk aan de reepkrachtmax
  = 1560 daN.
* Blokbelasting is 2 keer de last = 3120 daN
* Werkbelasting is maximaal 2 keer de reepkrachtmax.
* De ophanging heeft hier een werkbelasting nodig van
  2 keer de breeksterkte van het touw
  (= 2 * 3120 = 6240 daN).

Als blok met een hondsvot
* Spanning in het touw (reepkrachtmax) is
  3120 daN / veiligheidsfactor * ratiofactor
  dit is 3120 / 2 * 0.85 = 1326 daN
* Blokbelasting is 3 keer de reepkrachtmax.
* De lastmax is hier gelijk aan 2 keer de reepkrachtmax.
* Werkbelasting maximaal 3 keer de reepkrachtmax dit is 1326 * 3 = 3978 daN.
* De ophanging heeft hier grofweg een sterkte nodig van
  3 keer de breeksterkte van het touw
  (3 * 3120 daN = 9360 daN).

Om kritische toepassingen te voorkomen wordt bij een enkelschijfs blok de ontwerpwerkbelasting voor de ophanging zo gekozen dat deze gelijk is aan 2 keer de breeksterkte van het touw en met een hondsvot aan drie keer de breeksterkte van het touw.

Invloed van belasting onder een hoek

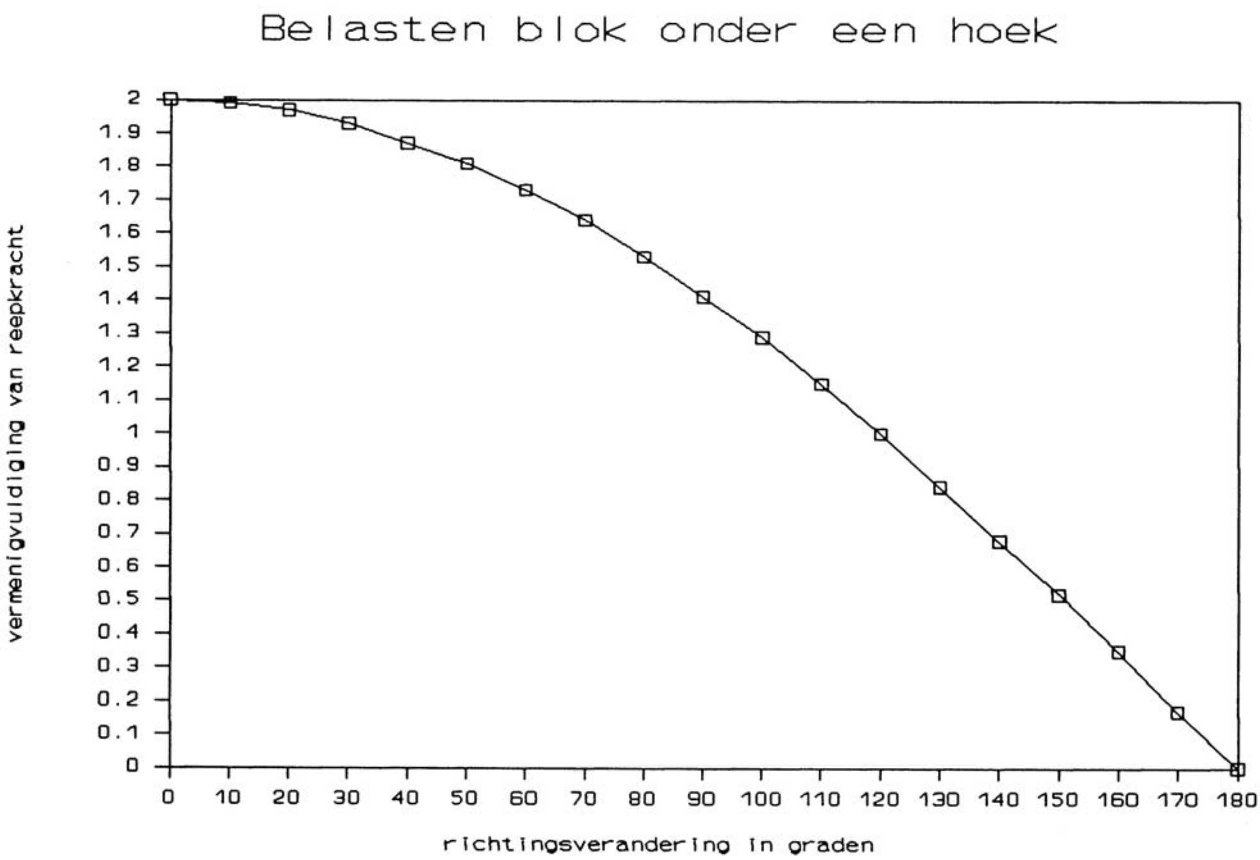


De hoek waaronder de reep het blok nadert en verlaat is sterk bepalend voor de op het blok uitgeoefende krachten. In onderstaande tabel wordt met hoek, de hoek tussen de 2 parten bedoeld.

Hoek	Factor	Hoek	Factor	Hoek	factor
0	2.00	60	1.73	130	0.84
10	1.99	70	1.64	135	0.76
20	1.97	80	1.53	140	0.68
30	1.93	90	1.41	150	0.52
40	1.87	100	1.29	160	0.35
45	1.84	110	1.15	170	0.17
50	1.81	120	1.00	180	0.00



Het bepalen van het aantal parten in een takel
Als hulp bij het bepalen van het aantal parten (lijnen) in een takel die gebruikt worden bij een gegeven belasting of de trekkracht per part die nodig is om een gegeven belasting te kunnen hebben, voorziet de onderstaande ratio tabel met voorbeelden en het gebruik ervan:



Aantal halende parten	Ratio voor schijven met bronzen bus met 4% verlies	Ratio voor goed gelagerde Glycodur schijven met 2% verlies
1	0.96	0.98
2	1.87	1.94
3	2.75	2.88
4	3.59	3.81
5	4.39	4.71
6	5.16	5.60
7	5.90	6.47
8	6.60	7.32
9	7.27	8.16
10	7.91	8.98
11	8.52	9.79
12	9.11	10.6
13	9.68	11.4
14	10.2	12.1
15	10.7	12.9
16	11.2	13.6
17	11.7	14.3
18	12.2	15.0
19	12.6	15.7
20	13.0	16.4
21	13.4	17.0
22	13.8	17.7
23	14.2	18.3
24	14.5	18.9

Het gebruik van de verhoudings (ratio) tabel en de formule

Totale belasting die opgetild moet worden [kg]
--- = Ratio ----
Trekbelasting van een halende part [kg]
Ratio betekent verhouding.

Voorbeeld 1:
Voor het bepalen van het aantal parten die we nodig hebben om een bepaalde kracht uit te oefenen delen we de last door de werkbelasting van het touw of draad.
Een last van 35000 kg en een werkbelasting van 3900 kg geeft een verhouding van

35000 / 3900 = 8.97

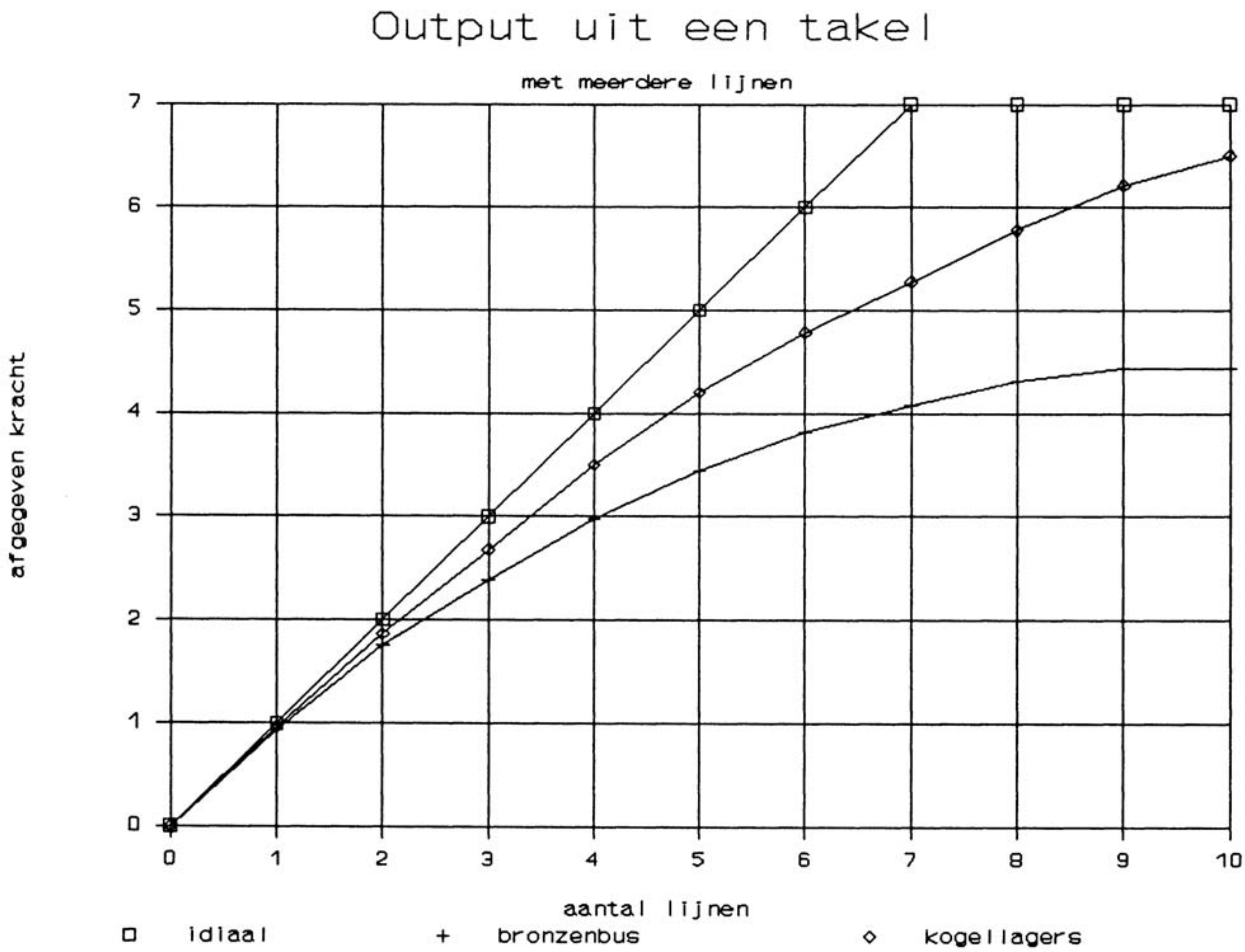
Zoeken we deze verhouding op in de tabel, dan vinden we dat voor deze belasting 12 parten nodig zijn.

Voorbeeld 2:
Cubsheet heeft een breeksterkte van 31200 Newton. Dit is 31200 / 9.81 = 3180 kg. De werkbelasting is met een 5 voudige veiligheidsfactor 3180 kg / 5 = 636 kg.

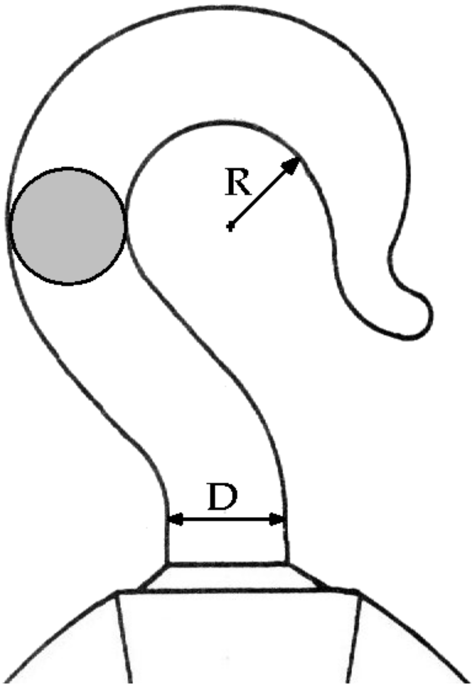
Willen we een kracht uitoefenen van 3000 kg met Cubsheet dan krijgen we:

3000 / 636 = 4.72

We vinden in de tabel bij goedgelagerde schijven dat we 5 parten nodig hebben. De praktische uitvoering voor een grootschootstel geeft dan een 3 schijfs bovenblok en een 2 schijfs- onderblok met hondsvot.
Onderstaande grafiek (bron: Lewmar) laat zien dat een takel uitgevoerd met normale handels lagers met meer dan 6 parten eigenlijk geen zin meer heeft. Alleen met zeer goed gelagerde schijven kan een takel zinvol met meer schijven uitgerust worden.



STERKTE BEREKENINGEN



Sterkte berekening ronde haak
Bij de blokken van de historische schepen vinden we veelal de ronde haak. Deze haak is relatief eenvoudig te maken. Vooral bij deze blokken vinden we te licht geconstrueerde haken.
In theorie buigen haken geheel open bij 1,5 x de vloeigrens. Met de volgende formule kunnen we ongeveer bepalen bij welke kracht er een blijvende vormverandering optreed:

F = S * D * D / (1.27 + (10 * (R + 5 * D) / D))

F = Drukken we S uit in kg/mm2 dan krijgen we een uitkomst in Kg. Bij het gebruik van Newton is ook de uitkomst in Newton.
S = de sterkte van het materiaal bv: voor ST37 is dit 37 kg per mm2.
D = de staafdikte
R = de straal van de binnencirkel

Afleiding
Een ronde haak wordt in de doorsnede A op trek (dtA) en op buiging (dbA) belast. De totale spanning dA =dtA + dbA.

$$dtA = \frac{F}{A} = \frac{F}{0.25 * p * D^2} = \frac{F}{D2} * \frac{4}{3,14} \sim \frac{F}{D^2} * \frac{4}{3.14}$$

Voor een ronde doorsnede is het weerstandsmoment

$$Wb = \frac{3,14}{32} * D^3 \sim \frac{D^3}{10}$$

a is de arm waarop de kracht F werkt tov. het midden van de haak = R + .5D

$$dbA = \frac{F * a}{Wb} = \frac{F * a}{\frac{3,14}{32} * D^3} = \frac{F}{D^2} * \frac{32}{p} * \frac{a}{D}$$

$$\sim \frac{F}{D2} * 10 * \frac{a}{D} = \frac{F}{D^2} * 10 \left(\frac{R + 0.5D}{D} \right)$$

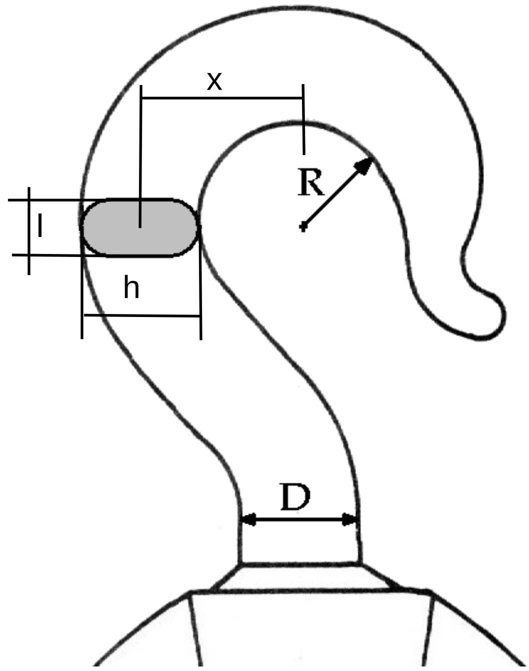
$$dA = stA + sbA = \frac{F}{D2} * \frac{4}{3.14} + \frac{F}{D2} * 10 \left(\frac{R + 0.5D}{D} \right)$$

$$dA = \frac{F}{D2} \left(\frac{4}{3.14} + 10 \frac{(R + 0.5D)}{D} \right)$$

$$F = \frac{dA * D^2}{\left(\frac{4}{3.14} + 10 \frac{(R + 0.5D)}{D} \right)}$$

<u>F = (sA * D²) / (1.27 + (10 * (R + 0.5 * D) / D))</u>

Sterkte berekening platte haak



De verhouding breedte:hoogte is 1 : 2
Daar de platte haak uit een ronde staaf gesmeed wordt nemen we aan dat het oppervlak van de platte doorsnede gelijk is aan die van de ronde staaf.

$$\text{Oppervlakte van de staaf} = \frac{3.14}{4} * D^2 = \text{ongeveer } B * H$$

H = 2 * B dus B = 0.5 * H

$A = B * H = B * 2B = 2B^2$

$\Rightarrow B^2 = 0.5\ A \Rightarrow B = \hat{}0.5 * A$

$\Rightarrow B = \hat{}.5 * 1/4 * 3.14 * D^2$

$\Rightarrow B = \hat{}D^2 / 8 * 3.14$

$\Rightarrow B = d/2$ * wortel $3.14 / 2 = 0.6265 * D$

Afleiding
Een platte haak wordt in de doorsnede A op trek (dtA) en op buiging (dbA) belast.
De totale spanning dA = dtA + dbA.

$$dtA = \frac{F}{A} = \frac{F}{B * H} = \frac{F}{2B^2}$$

Voor een platte doorsnede is het weerstandsmoment

$$Wb = \frac{1}{6} * B * H^2 = \frac{BH^2}{6}$$

a is de arm waarop de kracht F werkt tov. het midden van de haak = R + 0.5H = R + B

$$dbA = \frac{F * a}{Wb} = \frac{F * a}{\frac{BH^2}{6}} = \frac{F * a}{1/6 * B * H^2} = \frac{F * a}{1/6 * B * (2B)^2}$$

$$= \frac{F * a}{4/6B^3} = \frac{F * a}{2/3B^3}$$

$$dA = dtA + dbA = \frac{F}{2B^2} + \frac{F * a}{2/3B^3} = \frac{F}{2B^2} + \frac{F * (R + B)}{2/3B^3} =$$

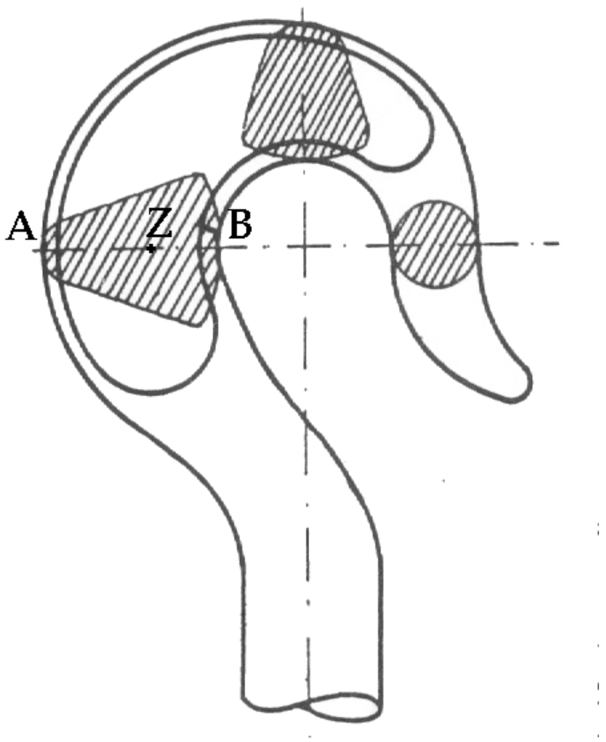
$$dA = \frac{F}{2B^2} + \left(1 + \frac{(R + B)}{1/3B}\right) = \frac{F}{2B^2} + \left(1 + \frac{3\,(R + B)}{B}\right)$$

$$F = \frac{dA * 2B^2}{\left(1 + \frac{3\,(R + B)}{B}\right)}$$

<u>$F = (dA * 2B^2) / (1 + (3\,(R + B))/B)$</u>

Je kunt het weerstandsmoment benaderen door de rechthoek $W = (bxh^2)/6$ haal er 10% vanaf voor de afrondingen dan zit je in de buurt

Sterkte berekening voor een driehoekige haak:



Het oppervlak van de driehoekige doorsnede is na het smeden ongeveer gelijk aan het oppervlak van de ronde staaf. De doorsnede ervan is niet zuiver driehoekig maar meer trapeziumvormig.

Het oppervlak van de ronde staaf is: $3{,}14/4 * D^2$
Van een trapezium: $(.5 * B0 + .5 * B1) * H$

Drukken we de afmetingen uit in een verhouding ten opzichte van B0 dan kunnen we zeggen dat B1 gelijk is aan V1 * B0 en voor de hoogte H = V2 * B0.

Ingevuld wordt dat:
$(.5 * B0 + .5 * B0 * V1) * B0 * V2 = 3.14 / 4 * D * D$

$B0 * (.5 + .5 * V1) * B0 * V2 = 3.14 / 4 * D * D$

$B0 * B0 * V2 * (.5 + .5 * V1) = 3.14 / 4 * D * D$

$B0^2 = 3.14 / 4 * D^2 / 4 * V2 * (.5 + .5 * V1)$

$B0 = (3.14 * D^2 / 4 * V2 * (.5 + .5 * V1)$

$B0 = ((3.14 * D \wedge 2) / (4 * V2 * (.5 + .5 * V1))) \wedge .5$

Bij een haak wordt de horizontale doorsnede A-B op trek en buiging belast. Deze doorsnede heeft een trapezium met afgeronde hoeken als grondvorm. In de tekening is het zwaartepunt Z bepaald. De kracht L wordt evenwijdig verplaatst zodat er een koppel met het moment M = L * z ontstaat, waarbij z de afstand van het zwaartepunt tot de kracht L is.

De doorsnede AB neemt dus op:
1 de trek L werkend op Z
2 de buiging door het moment M = L * z

De totale spanning in A wordt nu:

$$T_a = \frac{L}{F} - \frac{M * e1}{I} \quad \text{en in B:} \quad T_b = \frac{L}{F} + \frac{M * e2}{I} \quad (Kg / cm^2)$$

Hierbij is: F het oppervlak
I het traagheidsmoment
e1 en e2 de in de tekening opgemeten uiterste vezelafstanden.

$$F = h * \frac{B0 + B1}{2} (mm^2)$$

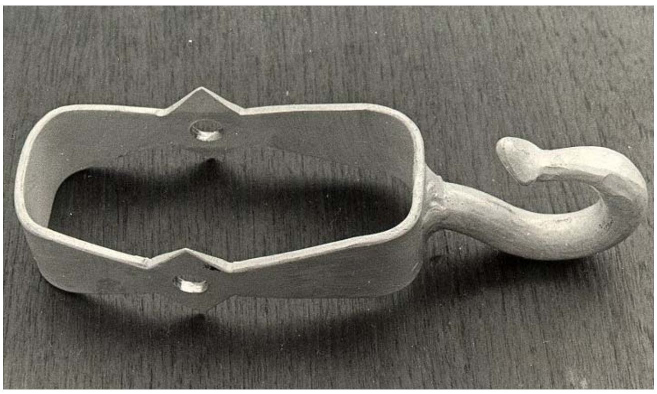
$$I = \frac{h3}{36} * \frac{(B0 + B1)^2 + 2 * B0 * B1}{B0 + B1} (mm4)$$

$$e1 = \frac{B0 + 2B1}{B0 + B1} * \frac{h}{3} (mm)$$

$$e2 = \frac{2B0 + B1}{B0 + B1} * \frac{h}{3} (mm)$$

Voor wie het wil programmeren

```
INPUT "De treksterkte van het materiaal is:"; S
INPUT "De verhouding dun - dik is          :"; V1
INPUT "De verhouding dun - breedte is    :"; V2
INPUT "De staafdikte D is in mm            :"; D
INPUT "De buigstraal R is in mm            :"; R
B0 = SQR((3.14 * D * D) / (2 * V2 * (V1 + 1)))
B1 = V1 * B0: H = V2 * B0
PRINT "De dikte aan de buitenkant nek wordt          "; B0
PRINT "De dikte aan de binnenkant van de nek wordt"; B1
PRINT "De breedte van de nek wordt                        "; H
A = H * (B0 + B1) / 2
I=H*H*H*(B1*B1+4*B1*B0+B0*B0)/(36*(B0+B1))
E1 = H * (2 * B0 + B1) / (3 * (B0 + B1))
E2 = H * (B0 + 2 * B1) / (3 * (B0 + B1))
L1 = S * I * A / ((R + E1) * E1 * A + 1)
L2 = S * I * A / ((R + E1) * E2 * A - 1)
IF L2 < L1 THEN F = L2 ELSE F = L1 ' de laagste waarde
PRINT "L1="; L1
PRINT "L2="; L2
Voor een DRIEHOEKIGE haak is de veilige belasting"; F; " Kg"
```



Bij een buitenbeslagblok wordt de as op buiging belast. Het frame is electrolytisch verzinkt met 25 micron.

Belasting van de as



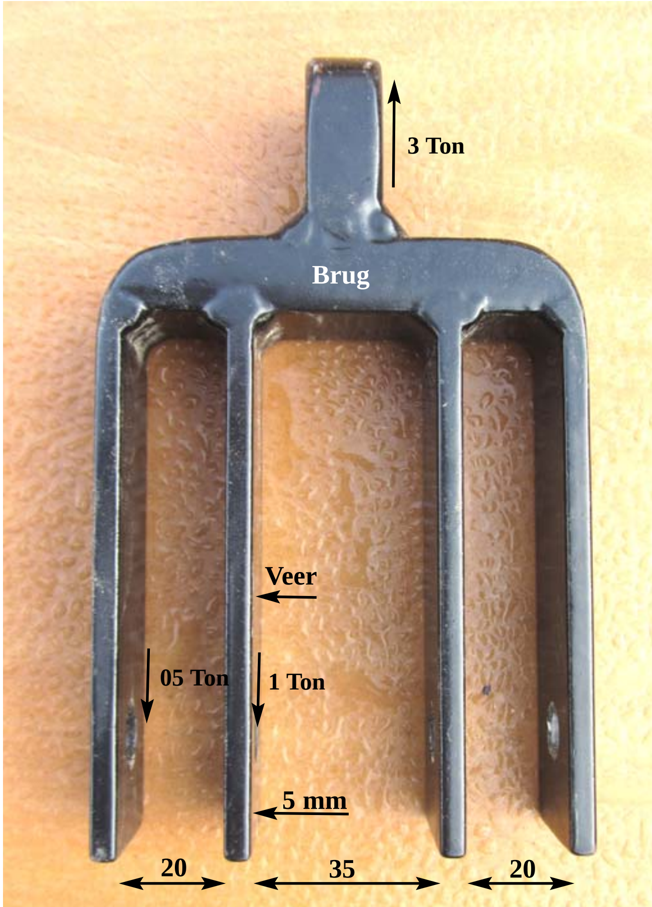


Bij een binnenbeslagblok wordt de as nagenoeg niet op buiging belast. Bij een buitenbeslag blok is de situatie ongunstiger. De frames zijn elektrolytisch verzinkt en daarna van een poedercoating voorzien.



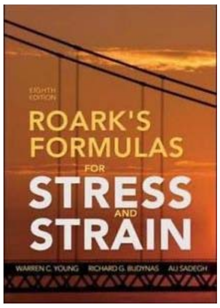
Bij een dubbelschijfs buitenbeslagblok is de situatie nog ongunstiger. Alle reden om eens te gaan kijken naar de afschuiving, buiging en de druk op de steunpunten van de as.

Situatie binnenbeslag Met dank aan Erik Takes



Op bladzijde 6 hebben we een schootstel bepaald op een breeksterkte van maximaal 6000 kg. De werkbelasing is 3000 Kg maximaal. In dit voorbeeld gaan we uit van een 3 schijfs blok. De schijfbelasting is dan 3000/3 = 1000 kg.

Een Glycodur lager mag met maximaal 140 N/mm² belast worden. Met een schijf dikte van 17,5 mm, een diameter van 110 mm en een loper van 14 mm kunnen we de dikte van de as bepalen.
Het geprojecteerde oppervlak van de as is dan
17,5 x 14 = 245 mm².
De oppervlakte druk is dan
1000 / 245 = 4 N/mm².
Er zijn dus voor het lager geen problemen te verwachten.

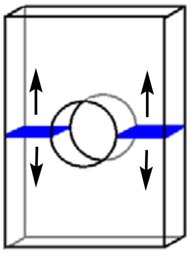


Berekening frame
De berekening van de sterkte en de vervorming zijn uitgevoerd volgens R.J. Roark, Formulas for Stress and Strain.
Het boek staat op het internet:
http://materiales.azc.uam.mx/gjl/Clases/MA10_I/Roark%27s%20formulas%20for%20stress%20and%20strain.pdf

We maken het frame van een gewone handelskwaliteit staal met een toelaatbare trek en buigspanning van 15 kg/mm² en een toelaatbare schuifspanning van 11 kg/mm² .
De toelaatbare vlaktedruk is 28 kg/mm² .



De Veren



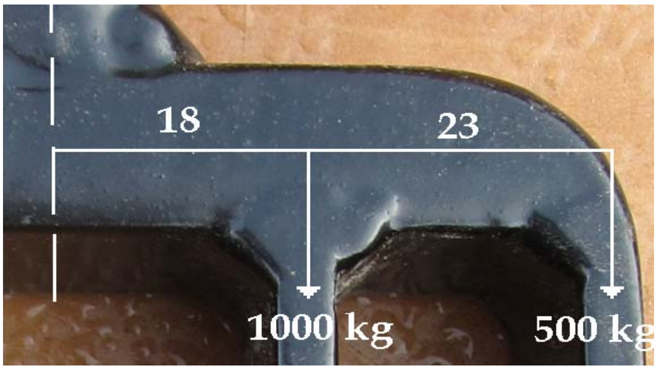
Op elke schijf staat een belasting van 1000 kg.
Voor de buitenste schijf wordt deze kracht over 2 veren zodat elke veer 500 kg draagt.
Voor de binnenste veren geldt dat er 2 keer 500 kg op staat.
De trekpanning wordt bij een veerbreedte van 40 mm, een veerdikte van 5 en een as van 14 mm:

s (stress) = P / A = 1000 /((40-14)*5) = 7,7 kg/mm^2.

Deze waarde ligt duidelijk onder de toegestane waarde van 15 kg/mm^2.

De buiging van de brugstrip

We gaan uit van strip met een breedte van 40 en een dikte van 20 mm. Vanwege de symetrie berekenen wij de helft van het frame.



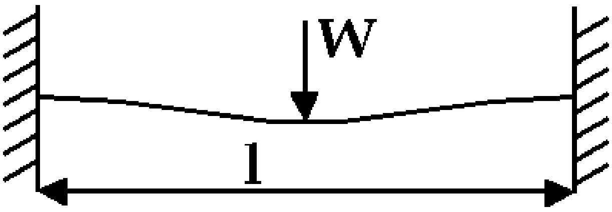
M_{max} = 18 x 1000 + (18 + 23) x 500 = 38500 kgmm

s_{buig} = M_{max} / (b x t^2 /6) =

38500 / (40 x 20^2) = 14,4 kg/mm^2

Deze waarde ligt net onder de 15 kg/mm^2

De RVS as van 14 mm rond



Buiging as midden schijf:
* De belasting is 1000 kg (W)
* De afstand tussen de ondersteuning 36 mm (l)
* Beide zijden zijn ingeklemd
* Roark belasting geval is 31 (zie boek Roark)

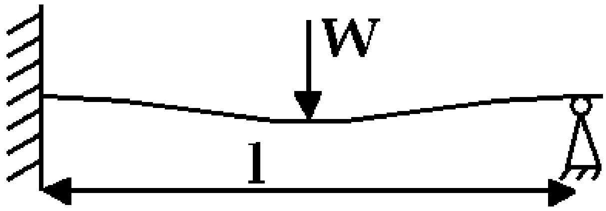
M_{max} =1/12 x W x l = (1000 x 36) / 12 = 3003 kgmm

Dit moment treedt op bij de veren.
In het midden is het moment half zo groot.

s_{buig} = M / 0,1*D^3 = 3003/ 0,1 x 14^3 = 10,9 kg/mm^2

Deze waarde is oke!

Buiging as buitenste schijf:



* De belasting is 1000 kg (W)
* De afstand tussen de ondersteuning 23 mm (l)
* 1 zijde ingeklemd
* Roark belasting geval is 21

M_{max} (bij 1 ingeklemde zijde) = 3/16 x W x l

M_{max} = 3/16 x 1000 x 23 =4312 kgmm

s_{buig} = M / 0,1D^3 = 4312/(0,1 x 14^3) = 15,7 kgmm^2

Dit is aan de hoge kant maar in werkelijkheid is de belasting verdeeld over een groter deel van de lengte en dat reduceert de spanning met ca. 30% (belasting geval 23).

Afschuiving en vlaktedruk bij de veren

Trekspanning s = 500 / (0,785 x D^2)
= 500 / (0,785 x 14^2) = 3,2 kg/mm^2
Deze waarde is geen probleem.
Vlaktedruk veren s = 1000/5 x 14 = 14,2 kg/mm^2
Deze waarde is ook geen probleem.

De lassen

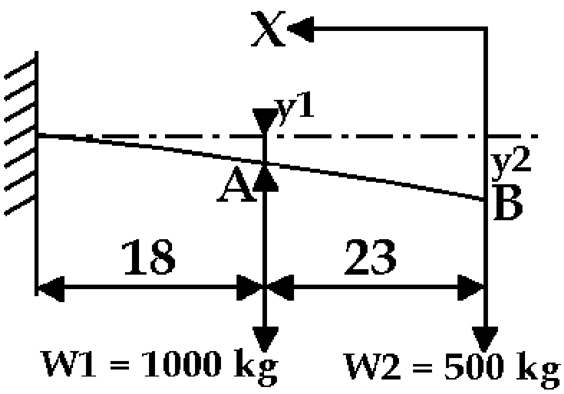
Er is van uitgegaan dat alle lasverbindingen in het frame geheel zijn doorgelast door een vakbekwame lasser.
In dat geval mag de sterkte van de lasverbinding gelijk worden gesteld aan die van het moedermateriaal.

Effecten van doorbuiging

De berekening van de doorbuiging is enigzinds gecompliceerd omdat de brugstrip en de as elkaar beinvloeden en ook een (beperkte invloed) hebben op de belasting van de binnen en buitenveren.
Daarom nemen we eerst aan dat de belasting van de schijven direct aan de veren hangt (ofwel de as is buigslap) en voegen daarna de invloed van de buigstijfheid van de as toe.

De brugstrip

Het belasting geval kan schematisch als volgt worden voorgesteld:



De zakking bij B als gevolg van W2 is:

$Y_{2,2} = (W_2 \times l_2^3) / (3 \times E \times I)$ (Roak geval 1)

$l_2 = 18 + 23 = 41$ mm

E = 2,1 x 104 kg/mm^2 (elasticiteits modulus van staal)

$I = (b \times t^3) / 12$ (traagheidsmoment doorsnede)

$= (40 \times 20^3) / 12 = 26667$ mm^4

$Y_{2,2} = (500 \times 41^3)/(3 \times 2{,}1 \times 10^4 \times 26667) =$ <u>0,02 mm</u>

De zakking bij A als gevolg van W2 is:

$Y_{1,2} = (W2 / (6 \times E \times I)) \times (X^3 - (3 \times l^2 \times X) + (2 \times l^3))$

$=(500/(6x2{,}1x10^4\ x26667))x23^3 - (3x41^2x23+2x41^3)$

= <u>0,005 mm</u>

De zakking bij A als gevolg van W1 is:

$Y_{1,1} = (W1 \times L1^3) / (3 \times E \times I) =$

$= (1000 \times 18^3) / (3 \times 2 \times 1 \times 10^4 \times 26667)$

= 0,003 mm

Om de zakking bij B als gevolg van W1 te berekenen moeten we eerst de hoekverdraaing bij A bepalen. Deze is:

$Q = (W1 \times L1^3) / (2 \times E \times I) =$

$= (1000 \times 18^3) / (2 \times 2 \times 10^4 \times 26667) = 0{,}0003$ rad

De zakking bij B wordt dan:

$Y_{2,1} = Y_{1,1} + Q\ (L2 - L1)$

$= 0{,}0003 + 0{,}0003 \times (41-18) = 0{,}01$ mm

De totale zakking wordt dan:

$Y_1 = Y_{1,1} + Y_{1,2} = 0.003 + 0{,}005 = 0{,}006$ mm

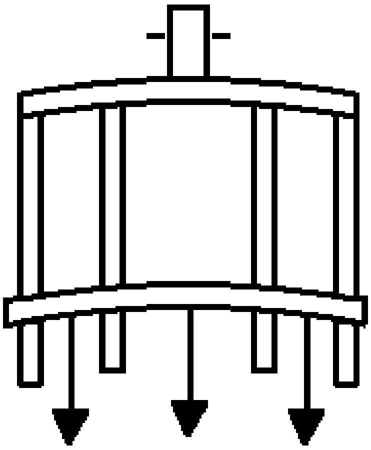
Bij B wordt dan de totale zakking:

$Y_2 = Y_{2,1} + Y_{2,2} = 0{,}01 + 0{,}02 = 0{,}03$ mm

Deze vervorming is voor het blote oog nauwelijks zichtbaar.

Wanneer we nu de buigstijfheid van de as gaan meerekenen, dan zal er enig effect zijn op de krachtverdeling tussen de binnenste en de buitenste veren.

Dit werkt als volgt:



De as is relatief slap ten opzichte van de brugstrip en de op trek belaste veren. Hij zal dus dezelfde bocht aannemen als de brugstrip. In de gebogen toestand wil hij weer terug naar de rechte toestand en oefent daardoor krachten op de veren uit. Het resultaat is dat de binnenste veren hoger belast worden en de buitenste veren lager. Hieronder zullen we zien hoe groot dit effect is.

De krachten en/of momenten die nodig zijn om een staaf een bepaalde kromming te geven zijn evenredig met het traagheidsmoment van de doorsnede.
In ons geval is het traagheidsmoment van de brugstrip

$I_{brug} = (b \times t^3) / 12 = 26667$ mm^4 (zie hierboven).

De as heeft een traagheidmoment

$I_{as} = 1/4\ pi\ R^4 = 0{,}785 \times 74 = 1885$ mm^4

(R = D / 2 = 14 / 2 = 7 mm)

Dit betekent dat de krachten en momenten die nodig zijn om de as in dezelfde bocht te krijgen als de brugstip een factor 26667 / 1885 = 14 lager zijn dan door de brugstrip nodig is.

Het effect op de krachtverdeling in de binnen- en buitenveren kan als volgt worden berekend:
Het moment in de brugstrip ter plaatse van A is bepaald op 500 kg x 23 mm = 11500 kgmm
Het moment op die zelfde plaats in de as (bij de binnenste veer) is dan 11500 / 14 = 821 kgmm
Dit moment zorgt voor een kracht - vermindering van 821 / 23 = 36 kg in de buitenste veer. De binnenste veren ondervinden dezelfde kracht vergroting.
Voor de (hoogst belaste) binnenveer betekent dit een toename van 36 /1000 x 100% = 3,6 %.

De trekspanning in deze veer wordt dan
1,036 x 7,7 = 8 kg/mm^2. Ten opzichte van de toelaatbare 15 kg/mm^2 is de veer dus ruim over gedimensioneerd.

Zouden we de as echter veel stijver maken of de brugstrip slapper, dan komt er steeds meer kracht op de binnenste veren en minder kracht op de buitenste veren.

Overige conclusies
- De buigsterkte van de brugstrip blijkt maatgevend. Als aan de sterkte eis wordt voldaan, zijn de vervormingen klein.
- Als de verhouding tussen de stijfheden van brugstrip en as ongeveer gelijk blijven kan de vervormingsberekening achterwege blijven wanneer op de binnenste veer 5 - 10% extra veiligheidsmarge in acht wordt genomen.

Zie voor de formules:
http://materiales.azc.uam.mx/gjl/Clases/MA10_I/Roark%27s%20formulas%20for%20stress%20and%20strain.pdf



Haken in bakstagen vormen een behoorlijk groot risico. De huidige tuigen zijn groter en van een sterker materiaal gemaakt dan vroeger gebruikelijk was. Het is zeer belangrijk om hier behoorlijk aan te rekenen en als het even kan nieuwe sterke haken te maken.
Vooral oude haken zijn moeilijk op sterkte te schatten.



Blokken opschalen

******   BLOKBEREKENING.   **** *** Henk Bos versie nov 1984 *** op 02-08-2014 om 21:00:24**

hoofd afmetingen blok   * 6 duim *

v1 geschikte diameter touw	14.0	v2 lengte blok in mm	152.0
v3 dikte van het blok wordt	60.0	v4 dikte van een dubbelschijfs is	90.0
v5 de dikte van de klos is	20.0	v6 de hoogte van de klos	22.6
v7 de breedte straal is	88.1	v8 de blokbreedte is	131.0
v9 hoogte as vanaf de onderkant	69.1		

afmetingen van de schijf

s1 de diameter van de schijf is	90.0	de verhouding is 1 staat tot	6.4
s2 de spoordiepte is	4.7	s3 de boring van de schijf is	14.0
s4 de beiteldiameter is	15.3	s5 de dikte van de schijf is	17.0

frame geknipt of gesneden	**enkel**	**dubbel**	**gesmeed enkel**	**dubbel**
f1 de lengte van de strip is	364.6	424.6	334.7	394.7
f2 de breedte van de strip is	40.0	40.0	40.0	40.0
f3 de dikte van de strip is	4.0	4.0	4.0	4.0
f4 de afstand uit het midden	85.2	100.2	73.0	133.0
f5 ruitlengte boring vanaf de as	19.0	19.0	19.0	19.0
f6 ruitbreedte boring	27.1	27.1	27.1	27.1
f7 lengte recht gedeelte	14.0	29.0	14.0	29.0
f9 de te gebruiken boor is	5.0	5.0		
f9 de ruit uitsmeden tot	50.0	50.0	50.0	50.0
f10 hart afstand as tot as	170.5	200.5	146.0	176.0

de buigmal

b1 lengte van de buigmal	144.0	b2 breedte	31.0
b3 dikte	20.0	b4 straal	353.4
b5 afronding	4.6	b6 vastzetbout	8.0
b7 schroefgat naast hart blokje	6.9		

de hondsvot

de dikte van het matr. is rond	10.0	de hoogte is	42.0
de doorndiameter is	25.0	de matr.lengte voor 1 sch. is	94.0
de doorndiam. 2 schijfs is	40.0	de matr. lengte voor 2 sch. is	102.5

afmetingen en sterkte haak

h1 dikte van de haak	18.0	h2 wijdte van de haak	30.0
h3 wijdte van de keel	18.0	h4 lengte van de haak	79.1
h5 lengte haak van een hakblok	158.1	h6 diameter buigdoorn neus	12.0
h7 afstand hart neus tot hart blok	33.2	h8 neus onder hart haak	7.0
h9 diameter doorn nek	30.0	h10 hart doorn nek tot hart blok	24.0
h11 hart doorn nek tot hart haak	41.6	h12 diameter borgbout	12.0
h13 gewicht van de haak in gram	299.0	h14 gewicht haak hakblok in gram	498.8
h15 rechte lengte enkele haak	126.0	h16 rechte lengte haak hakblok	205.1
h17 lengte te smeden kegel	60.9	h18 rond gedeelte haak hakblok	108.0

voor een haak met een ronde doorsnede in kg --		is de veilige werkbelasting	887.5
de lashoogte (a) moet zijn	3.9	de breedte van de las is dan	7.7
voor een platte haak in kg -------------------		is de veilige werkbelasting	1369.7
het uitgangsmateriaal is rond	18.0	de buigstraal is	15.0
de dikte van de haak wordt	11.3	de breedte van de platte haak is	22.5
de lashoogte (a) moet zijn	5.6	de breedte van de las is dan	11.2
voor een haak met een drieh. doorsnede in kg -		is de veilige werkbelasting	1586.0
het uitgangsmateriaal is rond	18.0	de buigstraal is	15.0
dikte buitenkant nek	5.7	dikte binnenkant nek	14.2
breedte van de nek	25.6		
de lashoogte (a) moet zijn	6.2	de breedte van de las is dan	12.5

Dit gedeelte gaat over het uitrekenen van een blok met een identieke vorm. Steeds een andere vorm maken is niet handig daar er veel werk is aan mallen en dergelijke.
Opm: In de van oorsprong Amerikaanse programma taal wordt in de plaats van de bij ons gebruikelijke komma een punt gebruikt. Een * betekent vermenigvuldigen.

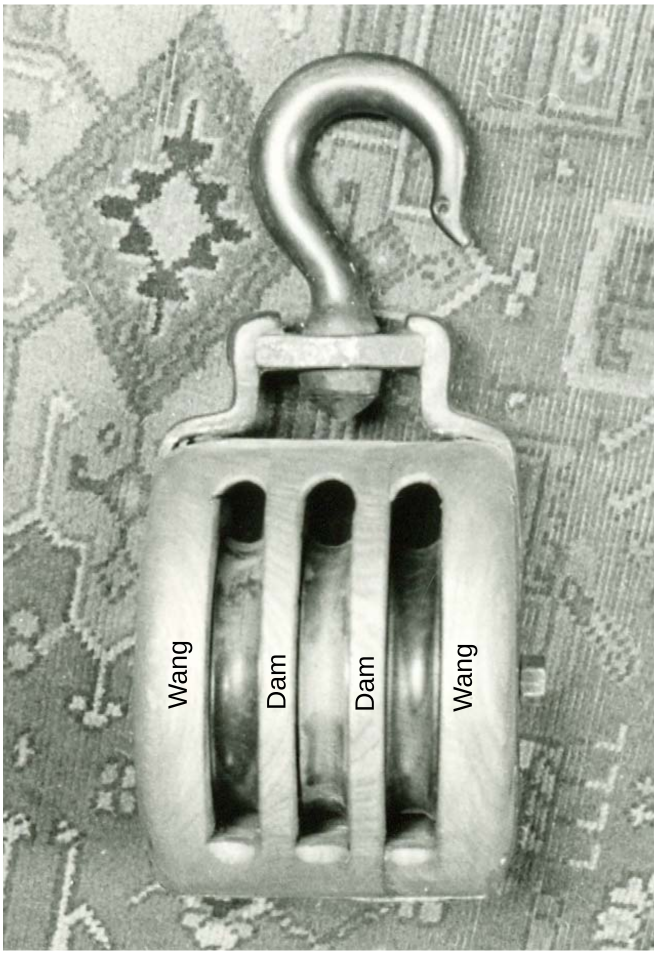
v1 geschikte diameter touw 14,0
Meestal gaan we uit van de loper (touw) dikte in dit geval 14 mm.

v2 lengte blok in mm 152,0
De lengte van een blok is dan 10 keer de touwdikte wat afgerond wordt naar hele duimen. 10 x 14 = 140 mm in dit geval wordt het een 6 duims blok.

We gaan nu een uitstapje maken naar de schijf.
De afmetingen ervan bepalen de demensies van de andere onderdelen van het blok.

De berekende schijfdikte = touwdikte x 1.2 = 16,8 mm daarna gaan we kijken welke afmetingen tufnol plaat we op voorraad hebben op de volgende manier:
We hebben: 5, 6, 8, 10, 13, 15, 17, 20, 23, 25, 30 in het magazijn. 17 mm is naar boven afgerond een goede keuze.
s5 de dikte van de schijf is 17,0

Nu kunnen we de dikte van de klossen bepalen:
Klosdikte = S5 x 1,15 = 19,55 mm.
Afgerond naar boven wordt dit 20 mm dus:
v5 de dikte van de klos is 20,0
De wangdikte is gelijk aan de klosdikte.



De dikte van het blok is 3 x v5 = 3 x 20 = 60 mm.
v3 dikte van het blok wordt 60,0

Voor een dubbelschijfsblok is de damdikte:
= 0,5 x de klosdikte = 0,5 x 20 = 12,5 mm
De dikte van een dubbelschijfsblok wordt dan:
20 + 20 + 10 + 20 + 20 = 90 mm
Bij binnenbeslag blokken is de dam 0,63 x klosdikte.

De schijfdiameter is wat ingewikkelder:
s1=v2 - 3 * v5 - (v5 - s5) / 2 + v1 / 3
=152 - 3 * 20 - (20 - 17) / 2 + 14 / 3
= 152 - 60 - 1,5 + 4,6 = 95,1
95,1 mm is geen standaard afmeting. We kunnen kiezen uit 90 en 100 mm. Bij een 100 mm schijf wordt de speling voor de loper (v1) te krap dus we kiezen voor 90 mm.
s1 de diameter van de schijf is 90,0
de verhouding is 1 staat tot 6,4

De spoordiepte is v1 / 3 = 14 / 3 = 4.666 mm
s2 de spoordiepte is 4,7

De boring van de schijf hangt af van het gebruikte asmateriaal en de daarbij behorende berekening.
In dit geval is de boring gelijk aan de dikte van de loper nl: 14 mm.
s3 de boring van de schijf is 14,0

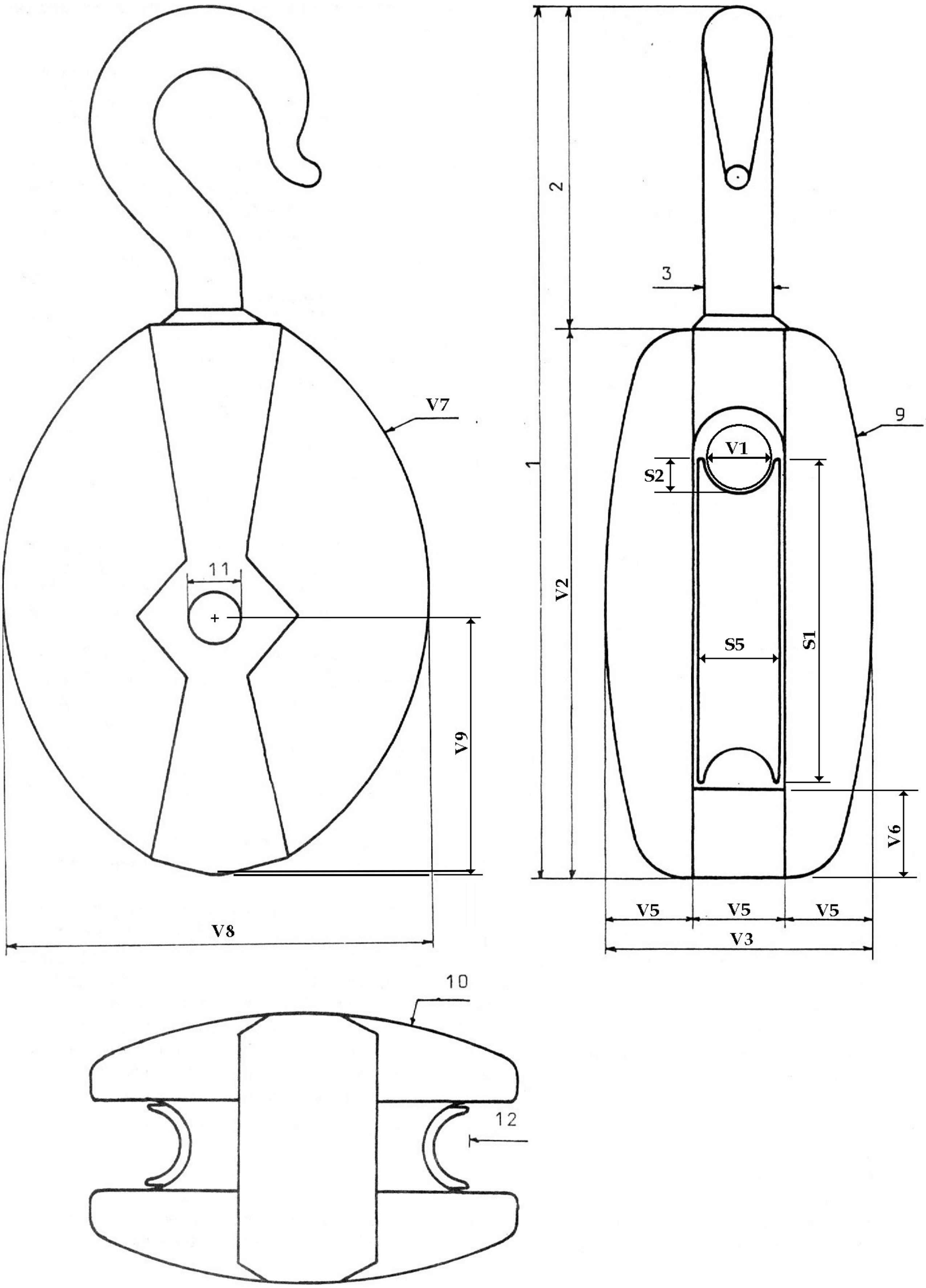
De beiteldiameter is 1,09 maal de diameter van de loper.
s4 de beiteldiameter is 15,3

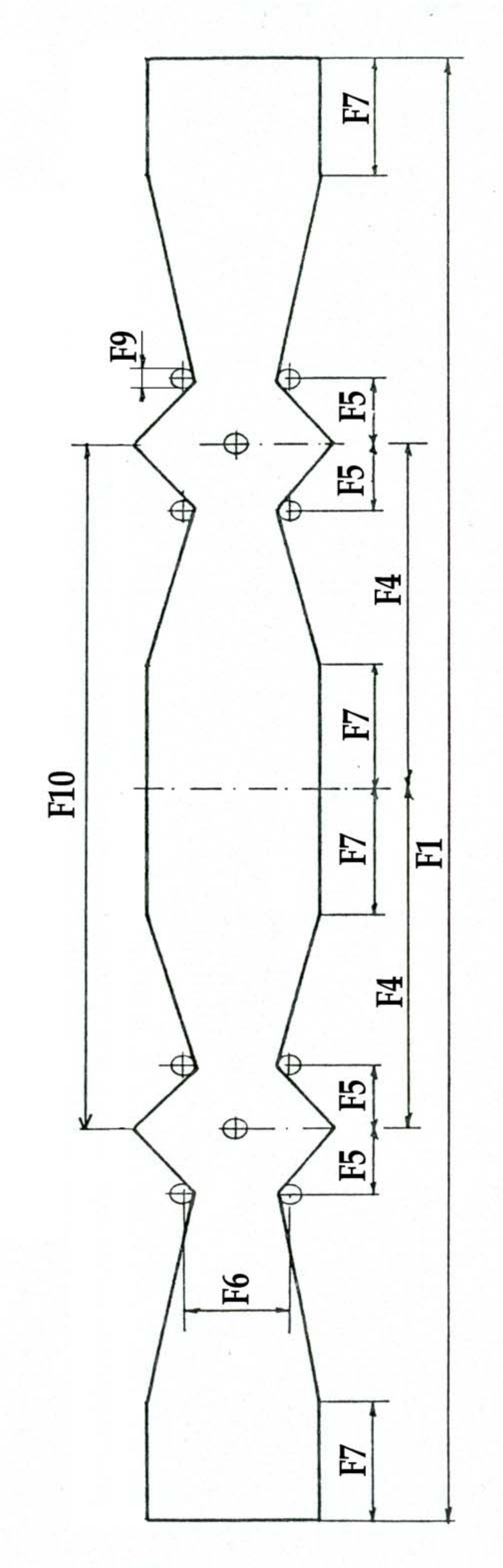
De hoogte van de klos wordt als volgt berekend:
V6 = (V2 - (v5 - S5) / 2 - (v5 - V1 / 3) - S1) / 2
= (152 - (20 - 17) / 2 - (20 - 4,7) - 90) / 2
= (152 - 1,5 - 15,3 - 90) / 2 = 22.6
v6 de hoogte van de klos 22.6

De breedte straal wordt als volgt berekend:
BD = v2 = 152 mm
F2 = breedte strip (berekening volgt)
PR = V8 / 2 - .5 * F2 - .05 * F2 = 43,5 mm
straal, hoek en booglengte bepaling:
BP = (.25 * BD ^ 2 + PR ^ 2) ^ .5: PS = BP / 2
MP = PS * BP / PR: OM = 2 * 3.14159 * MP = 88,12 mm
v7 de breedte straal is 88.1

De blokbreedte:
v8= v2 / 1.16 = 131.03 mm
v8 de blokbreedte is 131.0

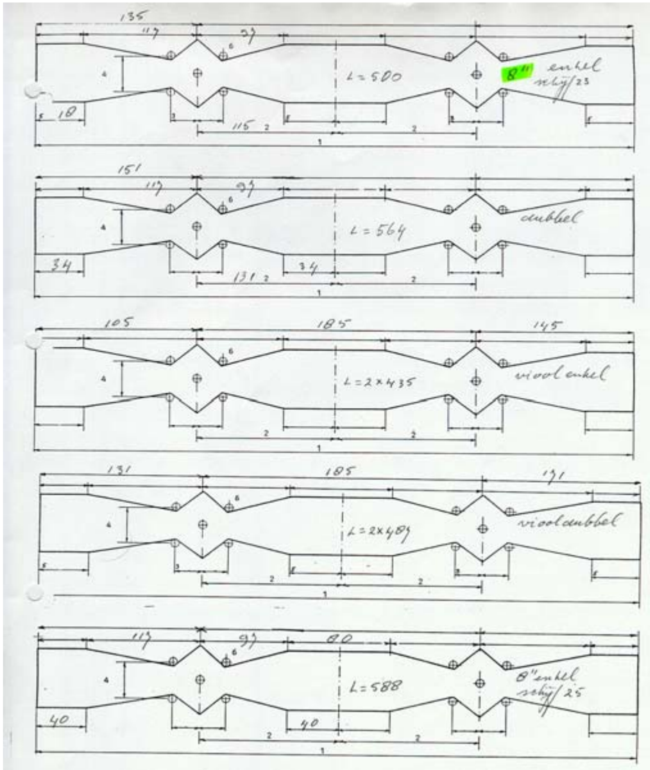
De ashoogte:
V9 = V6 + (v5 - S5) / 2 + S1 / 2
V9 = 22,6 + (20 - 17) / 2 +90 / 2
V9 = 22,6 + 1,5 + 45 = 69,1 mm
v9 hoogte as vanaf de onderkant 69.1


V7
11
V9
V8
2
3
1
V2
9
V1
S2
S5
S1
V6
V5
V5
V5
V3
10
12

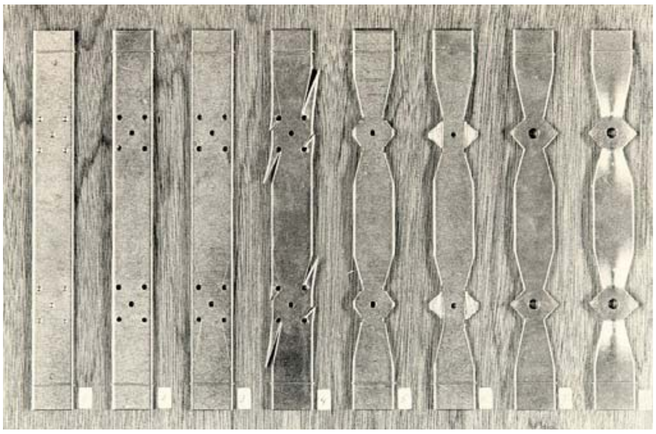


Blokframe van strip

In de afbeelding van berekening via mijn programma op pagina 35 staan ook de waarde's van een gesmeed frame. Deze gaan we later apart bekijken daar we het vervormen tijdens het smeden ook moeten gaan berekenen.
Bij een frame gemaakt van strip hoeven we alleen maar rekening te houden met de neutrale lijn. Dit is de lijn die niet verandert van lengte als we een strip buigen.



De uitkomst van de berekeningen zette ik meestal op een verzamelformulier zodat ik niet hoef te zoeken in de werkplaats. Alle benodigde afmetingen staan er op.

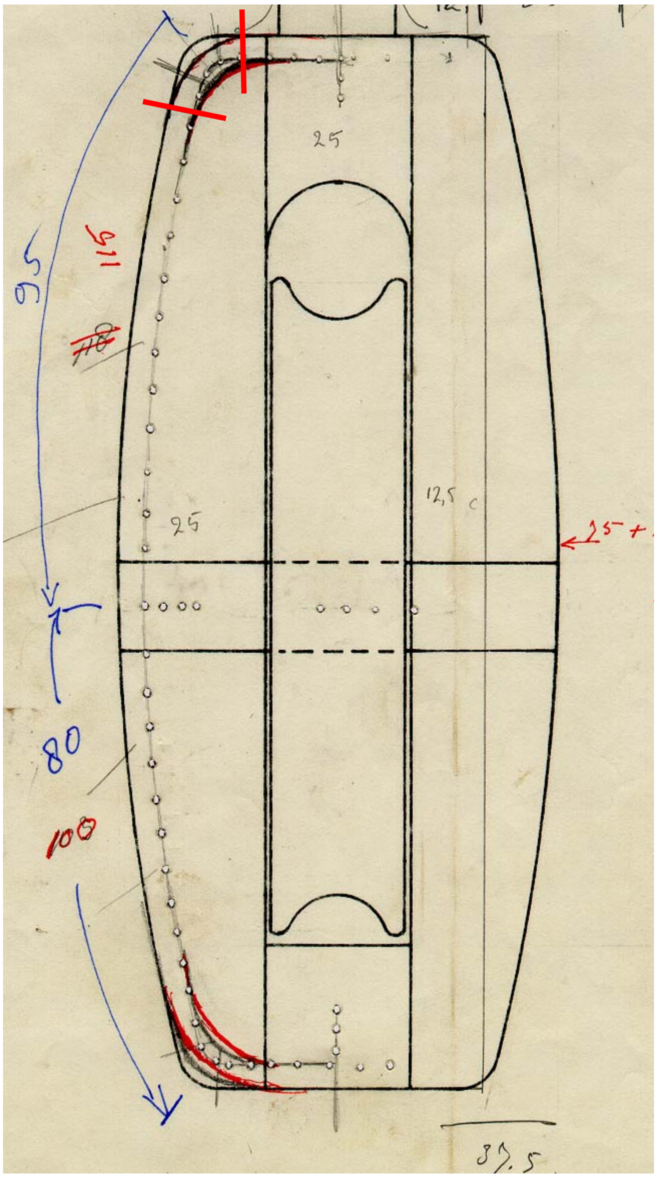


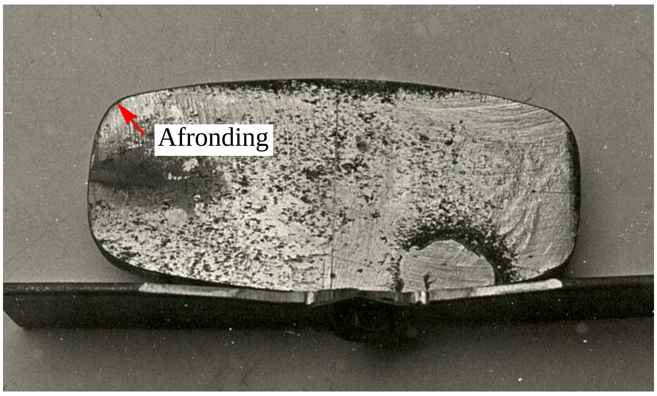
f1 de lengte van de strip is	364.6
f2 de breedte van de strip is	40.0
f3 de dikte van de strip is	4.0
f4 de afstand uit het midden	85.2
f5 ruitlengte boring vanaf de as	19.0
f6 ruitbreedte boring	27.1
f7 lengte recht gedeelte	14.0
f9 de te gebruiken boor is	5.0
f9 de ruit uitsmeden tot	50.0
f10 hart afstand as tot as	170.5

Strip bepaling
De stripdikte is V(1) / 4.2 = 14 / 4.2 = 3,33. Deze dikte is geen standaard dus gaan we in het magazijn kijken naar de eerstvolgende dikte en we komen uit op 4 mm (f1).

De stripbreedte is V(1) * 2.7 = 14 x 2.7 = 37,8 mm. In het magazijn vinden we 40 mm als eerstvolgende grotere maat.

De afronding





De afronding AR is de klosdikte V5 / 2.33 = 8,6 mm
De lengte van de afronding op de neutrale lijn(LA) is:
(2 * AR - F3) * 3.14 * 2 / 4 =
(2 * 8,6 - 4) * 3,14 * 2 / 4 = 20,27 mm

De lengte van de strip over de wang is:
pr = hoogte, bd = breedte boog
lr = straal, lh = hoek, lb=booglengte
BD = V(2) - 2 * AR; PR = v5 - .15 * v5 - AR - .5 * F(3)

booglengte berekening:
BP = (.25 * BD ^ 2 + PR ^ 2) ^ .5: PS = BP / 2
MP = PS * BP / PR: OM = 2 * 3.14159 * MP
C = PS / MP: S = (1 - C ^ 2) ^ .5
H = ATN(S / C) - 3.14159 * (C < 0)
H = H * RC: B = 180 - 2 * H: BO = (B / 180) * OM
LR = MP: LH = H: LB = BO: '

De totale lengte van de strip is:
LA = Lengte Afronding op neutrale lijn
LB = Lengte Boog
f1 = 2 * (v5 + .3 * v5 + LA + LB) = 364 mm.

Het is een heel gereken. Het is goed mogelijk om de doorsnede van het blok op schaal te tekenen. Met een stukje soldeertin is dan makkelijk om de lengte van de strip te bepalen. De tekening kunt u ook gebruiken om de buigmal te maken van een stukje 10 mm plaat.

f4=afstand uit het midden
LB = Lengte boog
LA = lengte afronding op neutrale lijn
F4 = LB / 2 - V1 + LA / 2 + 4 / 20 * v5 + v5 / 2

f5 = afstand boorgaatjes tot het hart van de as
f5 = (19 / 20 * F(2)) / 2 = 38 / 2 = 14 mm

f6 = boorgat vanaf hartlijn strip
F8 = 5 / 40 * F2: 'f8 = dikte boor
F8 = 5 / 40 * breedte strip = 5 mm.
IB = inneem breedte op 0,1 mm nauwkeurig
IB = FNC(F2 / 1.81); IB = 40 / 1.81 = 22,1 mm
F6 = IB + F8 = 22,1 + 5 = 27,1 mm -> 27 mm

f7 = lengte recht gedeelte
F7 = 4 / 20 * v5 + v5 / 2; F7 = 0,2 * 20 + 20 / 2 = 14 mm

f9 de ruit uitsmeden tot
F9 = 50 / 40 * F2 = 1,25 x 40 = 50 mm

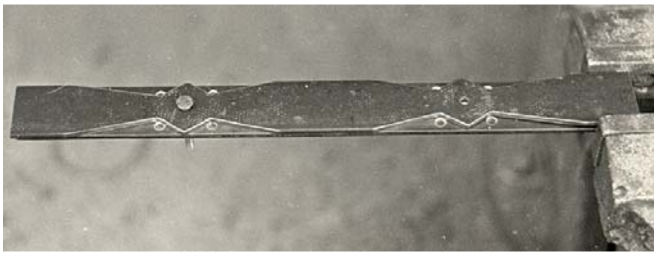
f10 hart afstand as tot as
F10 = F4 * 2 = 85,2 x 2 = 170,4 mm

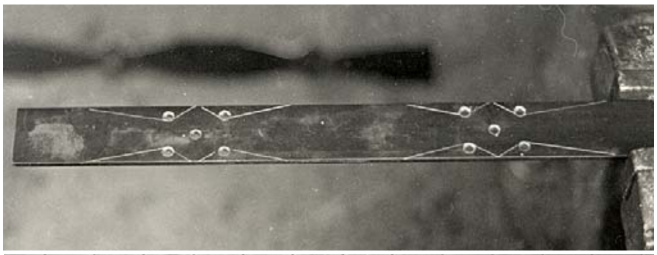
We hebben nu alle afmetingen om de strip af te zagen en een boormal te maken.





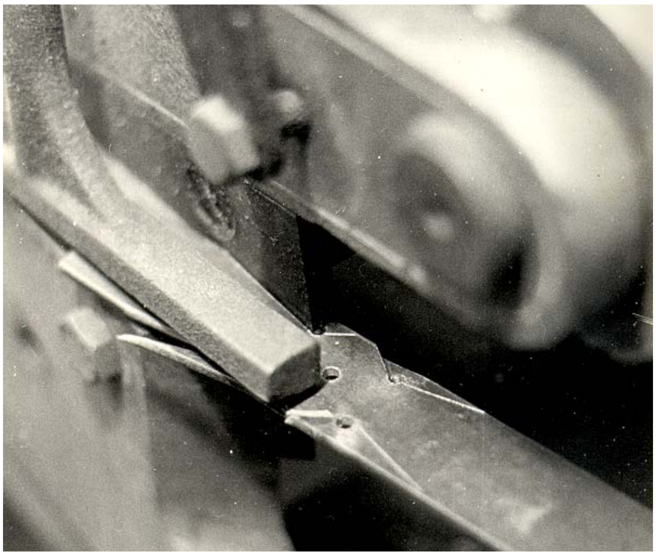
De gaten zijn met een boor afgetekend in met de boormal.



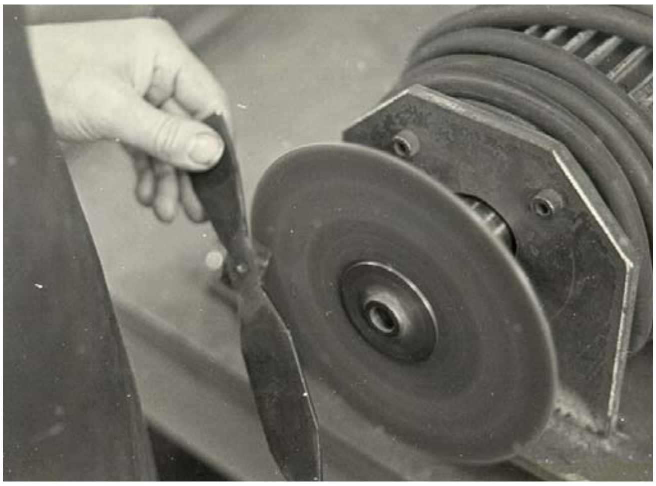




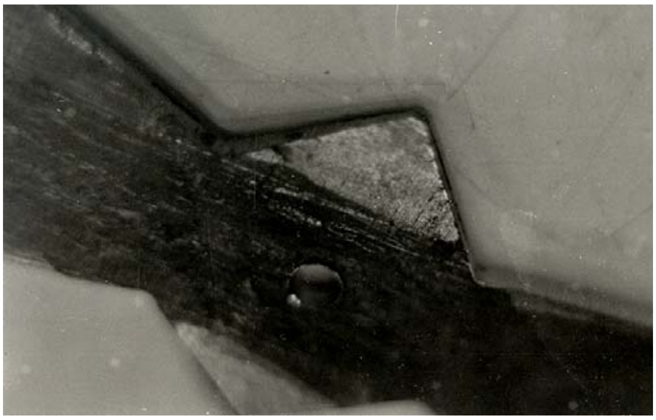
De schuine kanten worden afgetekend met een kraspen.

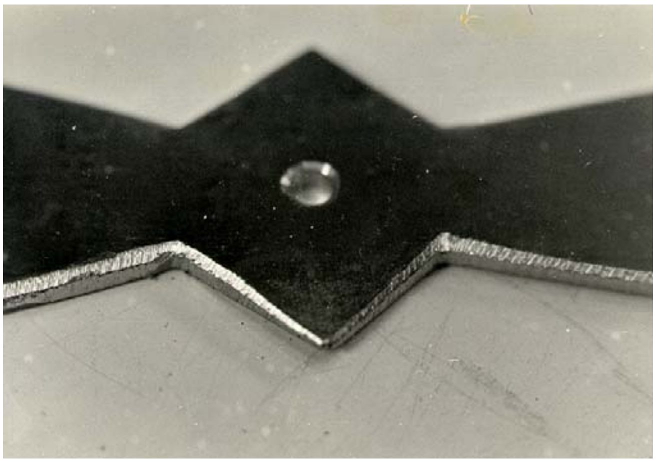


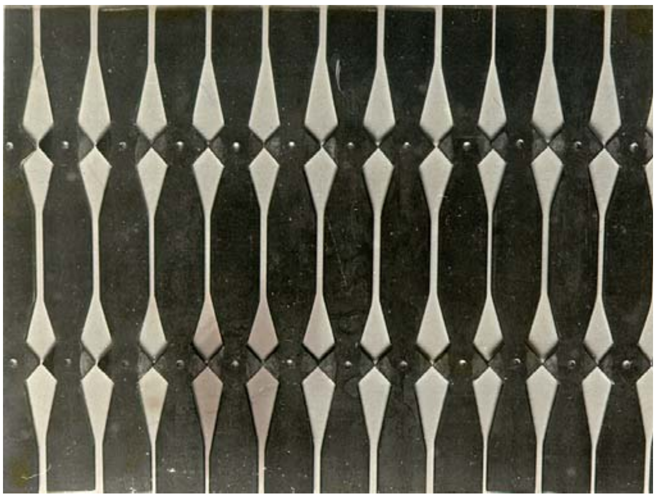
Met een scherpe platenschaar worden de hoekjes uit de strip geknipt.



Met een schuurschijf worden de bramen verwijderd.

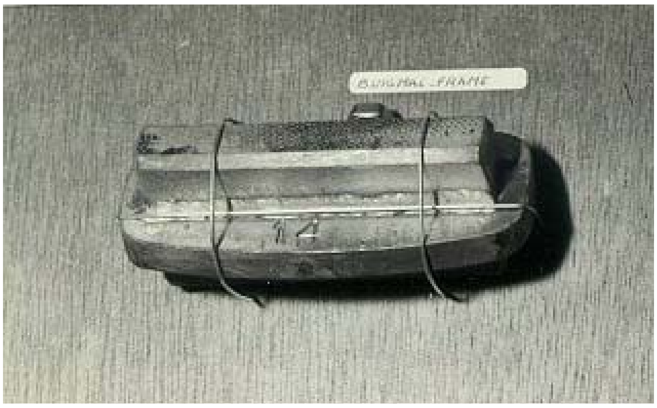






De ruit wordt met de pen van de hamer op breedte gesmeed.

Buigmal



Na de uitslag van het frame is de buigmal aan de beurt. Hij wordt meestal gemaakt van een stukje afval uit de schroothoop. Als je een tekening op schaal hebt gemaakt is deze met een paar magneten vast te zetten op de plaat en na het centeren kan met het in vorm slijpen worden begonnen.

De afmetingen van de buigmal zijn:

b1 lengte van de buigmal	144.0
b2 breedte halve buigmal	31.0
b3 dikte	20.0
b4 straal	353.4
b5 afronding	4.6
b6 vastzetbout	8.0
b7 schroefgat naast hart blokje	6.9

b1= lengte van de buigmal = V2 - 2 * F3
= Lengte blok - 2 keer de dikte van de strip = 144 mm

b2 breedte van de buigmal =
B2 = v5 * 3 / 4 + v5 - F3 = 20 x 3 / 4 + 20 - 4 = 31 mm
Dit is voldoende voor een halve mal. Voor kleine blokken maak ik een hele mal. De breedte wordt dan:
b2 = v8 - 2 x f3 = 131 - 2 x 4 = 123 mm.

b3 = KL = 20 mm

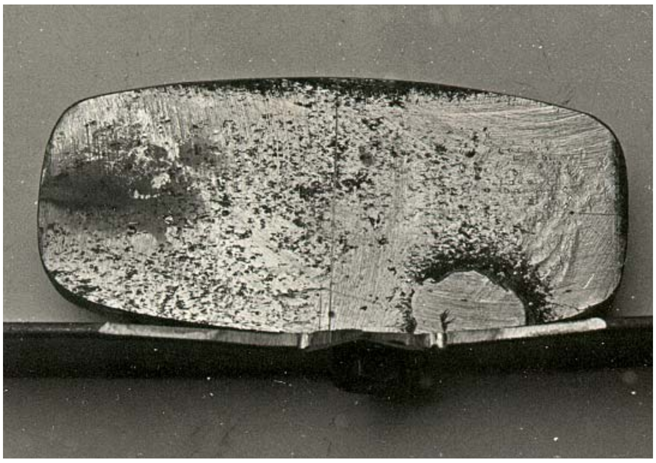
b4 breedte straal = LR - f3 = 357.3806 - 4 = 353 mm

b5 =afronding - dikte strip
B5 = AR - F3 = 8,6 - 4 = 4,6 mm

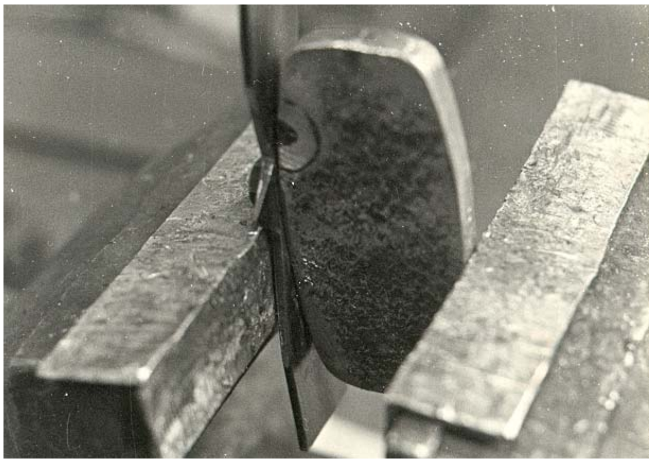
b6 = diameter schroefdraad in de mal =
IF V2 < 200 AND V2 > 98 THEN B6 = M 8
IF V2 < 100 THEN B6 = M 6
IF V2 > 200 THEN B6 = M 10

b7 = schroefraad uit het midden van de mal
B7 = V1= V2 / 2 - V9 = 6,9 mm.

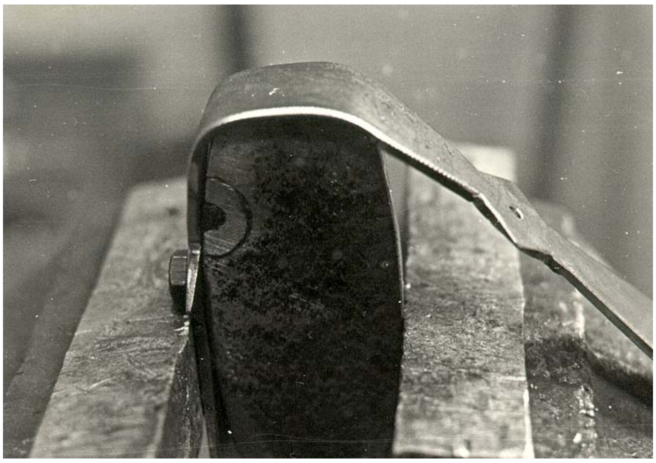
We hebben nu alle afmetingen om een frame te kunnen maken van het door ons ontworpen blok.



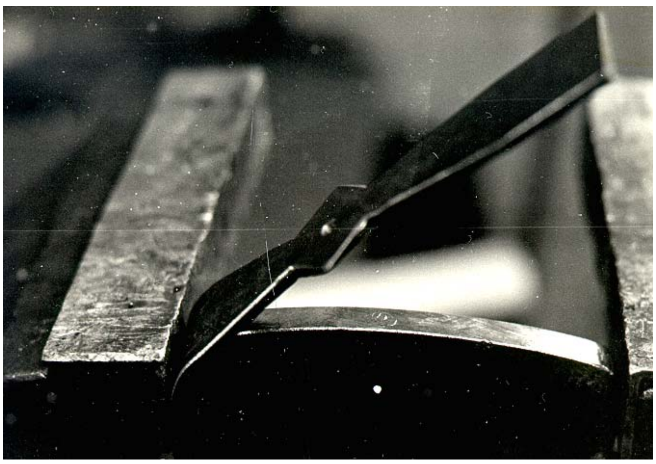
Strip vast gezet met een boutje.



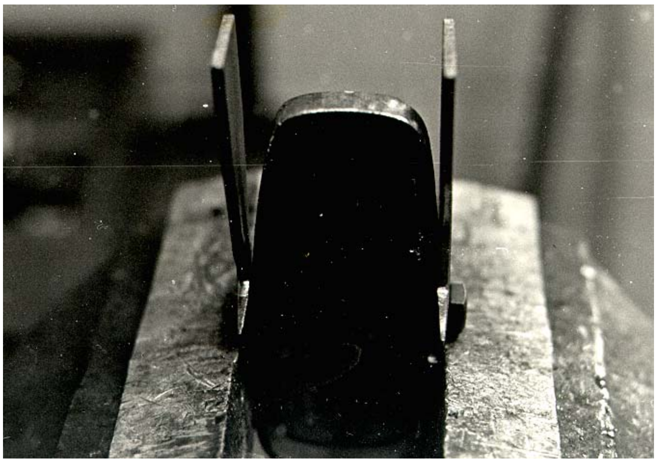
Geklemd in de bankschroef.



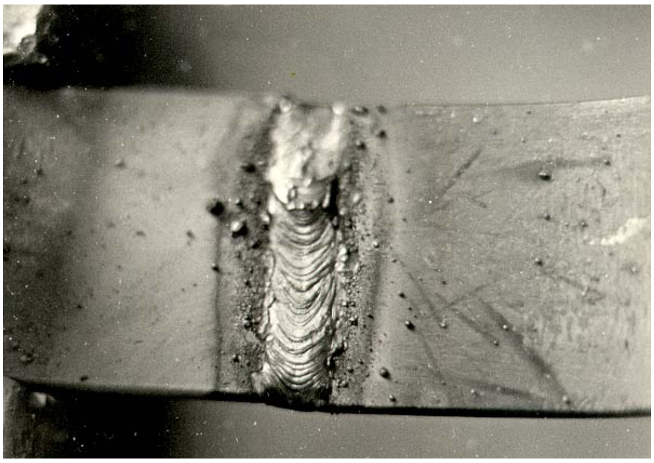
Wordt de stip om de mal gebogen.



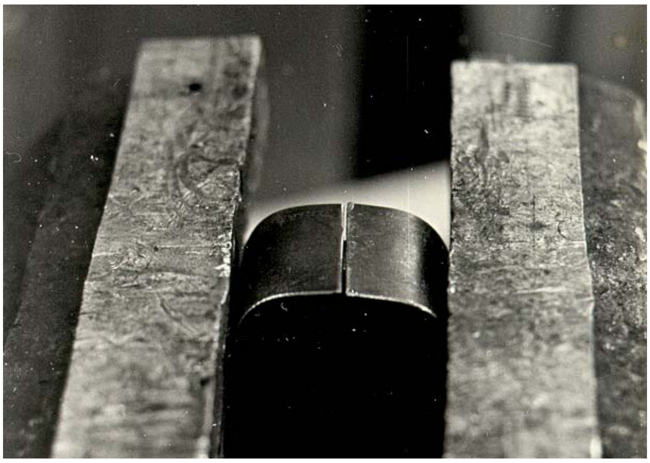
Daarna de lange kant.



De 2 lippen naar elkaar toe buigen.



Een goede las leggen.



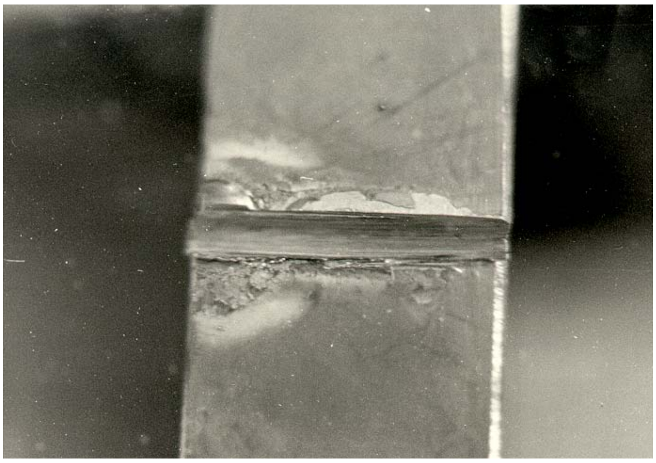
En het blijkt aardig te passen.



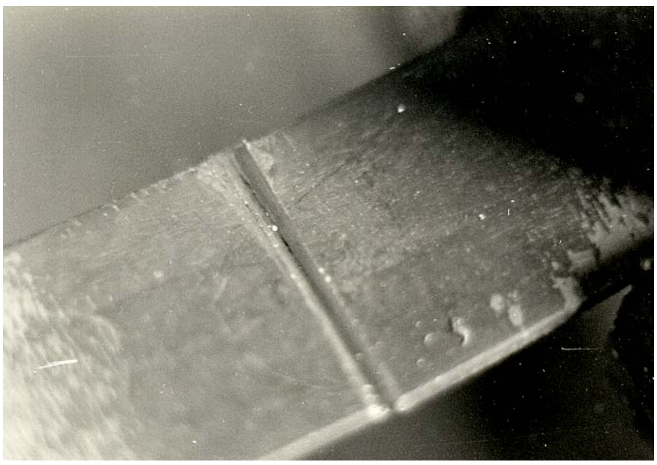
Glad vijlen.



De lasnaad even vastzetten met een hechtlas.



De buitenkant uitslijpen



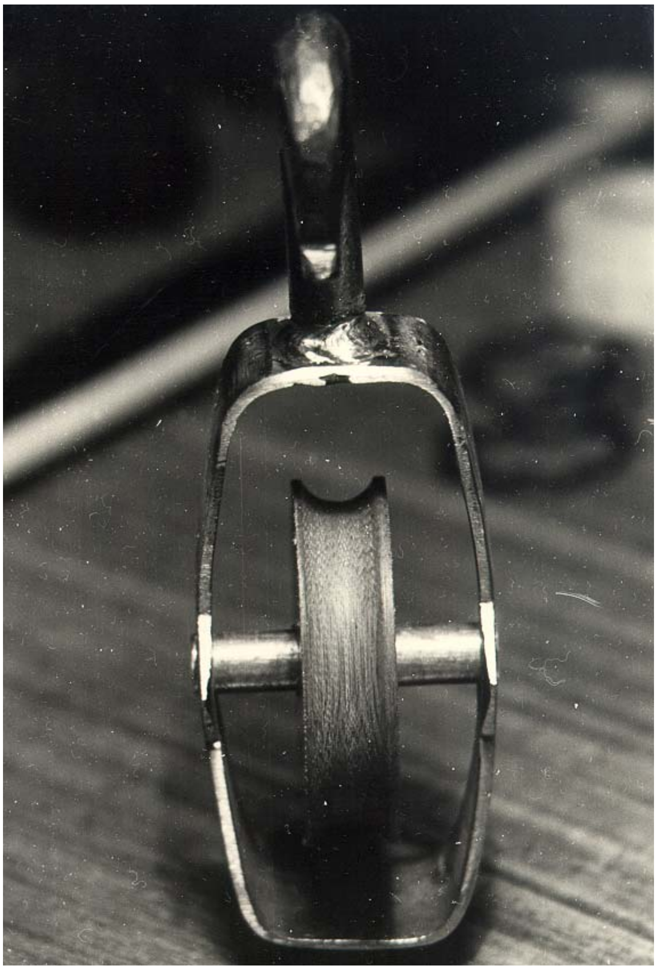
Daarna de binnen kant V vormig uitvijlen.



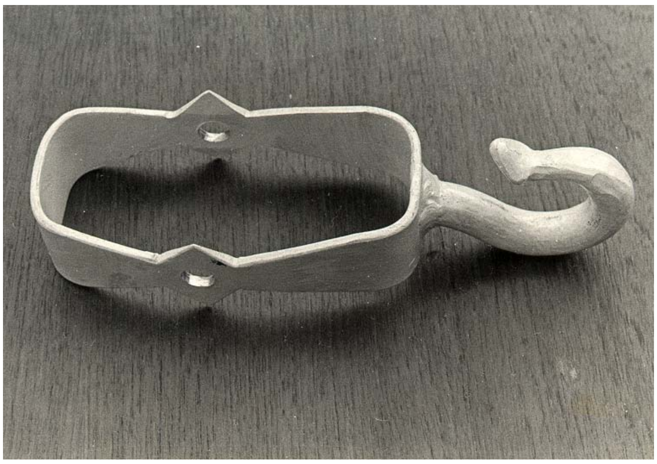
En goed doorlassen.



Daarna gladslijpen.



De haak kan gelast worden en het asgat pas geboord.

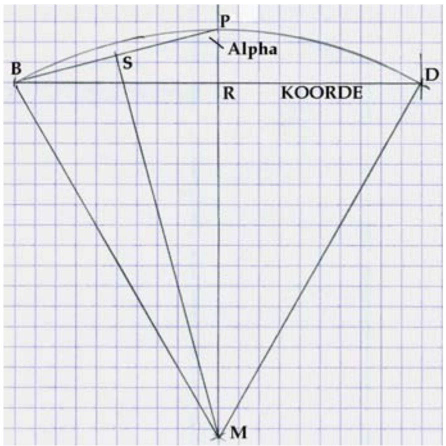


Het fram na het verzinken.

Programmeren
De huidige mobiele apparaten lenen zich uitstekend voor een programmeertaal van vroeger.
De Basic-interpreter is wat in vergetelheid geraakt.
Dat is best jammer daar het zich uitstekend leent voor veel wiskundige en wetenschappelijke klusjes. Meestal zijn mooie knoppen en andere opsmuk niet nodig en voor veel herhalende berekeningen zijn de moderne mobiele apparaten goed en met voldoening te gebruiken.
Je hebt hiervoor diverse vormen van Basic beschikbaar in de vorm van Apps.
Een van de Apps is "cbmHandbasic" en is compatible met de in de Commodere 64 gebruikte basic. Het is geen geemuleerde versie van een 6510 systeem maar een volledig zelfstandige interpreter.
Een andere voor IOS beschikbare interpreter is "Basic!".
In deze versie kun je desgewenst de regelnummers achterwege laten en hij lijkt veel op de bekende QuickBasic.

Een voorbeeld in QuickBasic

Om de routine te controleren is er een cirkelsegment getekend met een straal van 100 mm en een koorde van 100 mm. De boog hoogte is 13.4 mm.

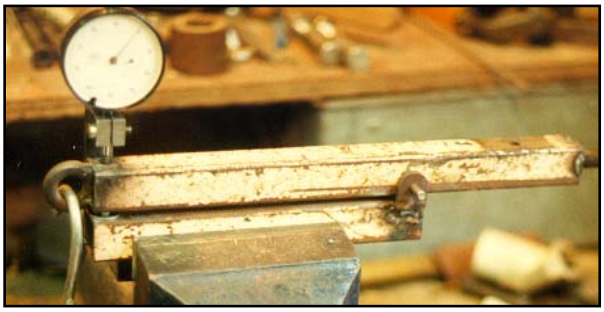



```
CLS : rc = 57.29578              ' RC =radiaal
OPEN "Booglang.txt" FOR OUTPUT AS #1
INPUT "lengte koorde:"; bd
INPUT "hoogte boog  :"; pr
GOSUB Booglengte: e$ = INPUT$(1): END
Booglengte: '------------straal, hoek en booglengte bepaling
BP = (.25 * bd ^ 2 + pr ^ 2) ^ .5: 'schuine zijde
PRINT #1, "Schuine zijde        BP="; BP
PS = BP / 2                      'halve schuine zijde
PRINT #1, "De halve schuine zijde PS="; PS
MP = PS * BP / pr:               'straal van de cirkel
PRINT #1, "De staal van de cirkel MP="; MP
M = 2 * 3.14159 * MP:            '2piR = omtrek
PRINT #1, "De omtrek             OM="; OM
C = PS / MP:                     'Cosinus hoek alpha
S = (1 - C ^ 2) ^ .5
H = ATN(S / C) - 3.14159 * (C < 0): H = H * rc:
B = 180 - 2 * H: BO = (B / 180) * OM
PRINT #1, "De booglengte        BO="; BO
PRINT "": CLOSE 1: RETURN
```

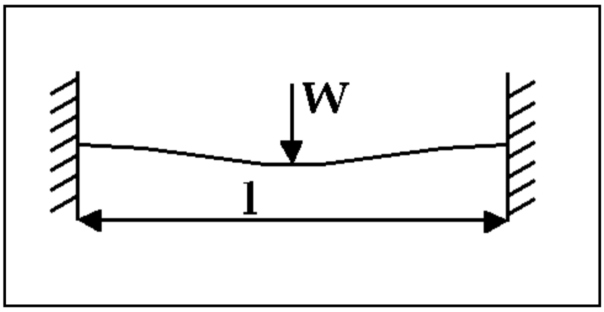
Uitkomst
Schuine zijde BP= 51.76447
De halve schuine zijde PS= 25.88223
De staal van de cirkel MP= 99.98358
De omtrek OM= 628.2148
De booglengte BO= 104.7214
zie ook:
http://www.vanderhoorn.nl/pagina/131/Koorde_peilhoogte_bekend



Werkbelasting.


Kogels testen.

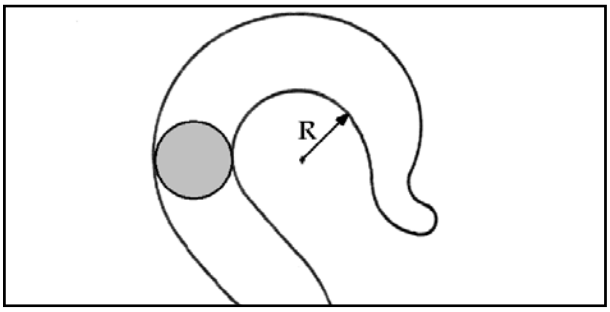

3 schijfs schootblok.



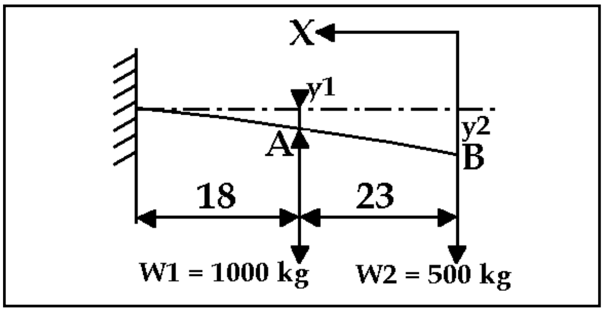
Asbuiging berekenen.


Spoorkaliber.


Glycodur lager monteren.



Sterkte berekening haak.



Buiging brugstrip berekenen.



Henk en Ge Bos



Hasebroekstraat 7, 1962 SV Heemskerk Nederland
Telefoon: +31 251 230050
E-mail: bosq@xs4all.nl
Site techniek: http://bosq.home.xs4all.nl/
Site archief : http://bds.home.xs4all.nl/index.htm